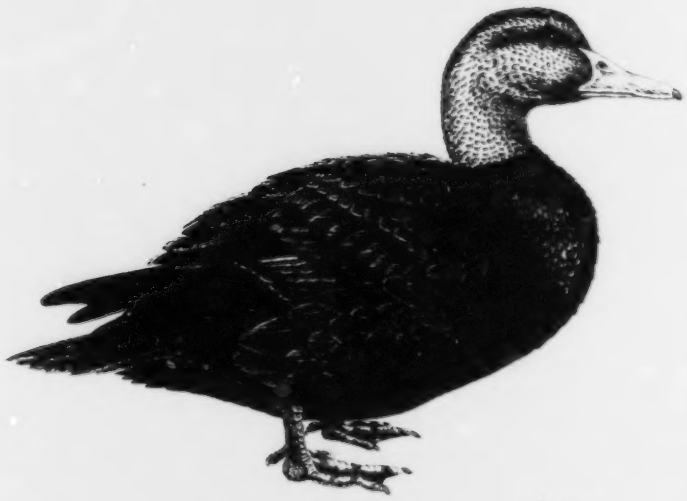
EFFETS DE L'AZINPHOS-MÉTHYL (GUTHION) SUR LES OISEAUX FRÉQUENTANT LES CHAMPS DE POMMES DE TERRE ET L'INFLUENCE DES FACTEURS COMPORTEMENTAUX

Douglas J. GRAHAM
Jean-Luc DESGRANGES



SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES N° 103
Région du Québec 1990
Service canadien de la faune

Environment Canada
Environnement Canada
Canadian Wildlife Service
Service Canadien de la faune
Canada

SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES DU SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE

Cette série de rapports donnant des informations scientifiques et techniques sur les projets du Service canadien de la faune (SCF) a démarré en 1986. L'objet de ces rapports est de promouvoir la diffusion d'études s'adressant à un public restreint ou trop volumineuses pour paraître dans une revue scientifique ou l'une des séries du SCF.

Ordinairement, seuls les spécialistes des sujets traités demandent ces rapports techniques. Ces documents ne sont donc produits qu'à l'échelon régional et en quantités limitées; ils ne peuvent être obtenus qu'à l'adresse figurant au dos de la page titre. Cependant, leur numérotage est effectué à l'échelle nationale. La citation recommandée apparaît à la page titre.

Ces rapports se trouvent dans les bibliothèques du SCF et figurent aussi dans les listes du système de référence DOBIS utilisé dans les principales bibliothèques scientifiques du Canada. Ils sont publiés dans la langue officielle choisie par l'auteur en fonction du public visé. **En vue de déterminer si la demande est suffisamment importante pour produire ces rapports dans la deuxième langue officielle, le SCF invite les usagers à lui indiquer leur langue officielle préférée. Il faut envoyer les demandes de rapports techniques dans la deuxième langue officielle à l'adresse indiquée au verso de la page titre.**

TECHNICAL REPORT SERIES CANADIAN WILDLIFE SERVICE

This series of reports, established in 1986, contains technical and scientific information from projects of the Canadian Wildlife Service. The reports are intended to make available material that either is of interest to a limited audience or is too extensive to be accommodated in scientific journals or in existing CWS series.

Demand for these Technical Reports is usually confined to specialists in the fields concerned. Consequently, they are produced regionally and in small quantities; they can be obtained only from the address given on the back of the title page. However, they are numbered nationally. The recommended citation appears on the title page.

Technical Reports are available in CWS libraries and are listed with the DOBIS system in major scientific libraries across Canada. They are printed in the official language chosen by the author to meet the language preference of the likely audience. **To determine whether there is significant demand for making the reports available in the second official language, CWS invites users to specify their official language preference. Requests for Technical Reports in the second official language should be sent to the address on the back of the title page.**

L'illustration de la couverture est une œuvre de P. Dupuis. Elle ne peut dans aucun cas être utilisée sans avoir obtenu préalablement la permission écrite de l'auteur.

Cover illustration is by P. Dupuis and may not be used for any other purpose without the artist's written permission.

92-07816/

EFFETS DE L'AZINPHOS-MÉTHYL (GUTHION) SUR LES OISEAUX FRÉQUENTANT LES CHAMPS DE POMME DE TERRE ET L'INFLUENCE DES FACTEURS COMPORTEMENTAUX

Douglas J. Graham[1]
Jean-Luc DesGranges[2]

SÉRIE DE RAPPORTS TECHNIQUES N°103
Région du Québec 1990
Service canadien de la faune

Ce rapport peut être cité comme suit:

Graham, D.J. et J.L. DesGranges. 1990. Effets de l'azinphos-méthyl (GUTHION) sur les oiseaux fréquentant les champs de pomme de terre et l'influence des facteurs comportementaux. SAGE Ltée pour Environnement Canada. Série de rapports techniques n°103. Service canadien de la faune, région du Québec. xii + 46pp. + annexes.

[1]SAGE Ltée, 4700, boul. Wilfrid-Hamel, Québec (Québec), G1P 2J9.
[2]Service canadien de la faune, Environnement Canada, C.P. 10100, Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5.

Publié avec l'autorisation du
Ministre de l'Environnement
Service canadien de la faune

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1990
Numéro de catalogue CW 69-5/103-F
ISBN 0-662-96345-8
ISSN 0831-6481

1. Oiseaux - insecticides 2. Azinphos-méthyl (insecticide).

Copies disponibles auprès de:

Service canadien de la faune
Région du Québec
1141, Route de l'Église, C.P. 10100
Sainte-Foy (Québec), G1V 4H5

RÉSUMÉ

Les effets de l'azinphos-méthyl (Guthion) sur les oiseaux fréquentant les champs de pommes de terre ont été examinés en 1989 sur un site près de Québec. Le rôle des facteurs comportementaux sur le niveau d'exposition aux pesticides a été plus particulièrement étudié. Les effets létaux ont été estimés en mesurant le niveau d'activité avienne, la survie d'individus reconnaissables et en évaluant les changements territoriaux. Les effets physiologiques considérés incluent les changements du niveau d'activité de la cholinestérase dans les échantillons de sang et de cervaux. Les facteurs comportementaux étudiés incluent la fréquentation des différents microhabitats et le type de comportement observé.

Les Bruants chanteurs, espèce la plus commune au site d'étude, n'ont subi aucun effet apparent. Le niveau d'activité du Bruant vespéral, la seule autre espèce commune dans les champs arrosés, semblait montrer un déclin vers la fin de l'étude mais les autres mesures d'effets n'ont pas indiqué d'impacts négatifs.

Un modèle est proposé selon lequel les impacts anthropiques sur les oiseaux en milieu agricole peuvent être attribués à deux causes: les applications de pesticides et les pratiques agricoles mécaniques. L'importance réelle de ces impacts est en grande partie fonction de la "vulnérabilité comportementale" de l'espèce, déterminée largement par le comportement alimentaire et le comportement de nidification.

Dans le cadre de cette vision globale de l'écosystème agricole, l'absence de tout effet apparent sur les Bruants chanteurs s'explique par une vulnérabilité comportementale réduite telle que démontrée par le fait que l'espèce fréquentait exclusivement les haies lors de plus que 19 heures d'observations systématiques. La vulnérabilité comportementale du Bruant vespéral fut jugée plus importante par rapport à celle du Bruant chanteur à cause de son comportement de nidification et une tendance accrue à fré-

quenter les champs (pendant au moins 6% de 15 heures d'observation). Cette espèce est cependant jugée plus vulnérable au rechaussage des plants de pommes de terre, activité qui a probablement détruit tous les nids actifs dans les champs.

En somme, les effets des pulvérisations à l'azinphos-méthyl semble avoir été peu importants pour les Bruants chanteurs. Les Bruants vespéraux semblent plus vulnérables, mais probablement davantage aux pratiques agricoles mécaniques qu'aux pesticides. Les deux espèces seraient plus vulnérables aux effets potentiels de l'azinphos-méthyl là où les haies sont absentes ou offrent moins de protection contre la dérive.

ABSTRACT

The effects of azinphos-methyl (Guthion) on birds living near potato fields was examined in a 1989 study near Quebec City. Also of interest in this study was the role of behavioural factors in regulating the exposure of birds to pesticides. Lethal effects were estimated by measuring avian activity, the survival of banded adults and territorial changes. Physiological effects considered included changes in cholinesterase activity of blood and brain samples. Behavioural factors studied were habitat use and type of activity.

Song Sparrows, the most common species, seemed to suffer no adverse effects from the four sprayings of azinphos-methyl. Activity of Vesper Sparrows, the only other common species in the sprayed fields, seemed to decline toward the end of the season but other measures did not corroborate the hypothesis of an anthropogenic effect.

A model is proposed whereby anthropogenic impacts on agricultural bird populations can be attributed to two possible causes: pesticide applications and mechanical agricultural practises. The real significance of these potential sources of impact are largely a function of the species' "behavioural vulnerability" which is itself influenced by the various potential sources.

In this view of the agricultural ecosystem, the absence of any apparent effect on Song Sparrows seems explicable by their low behavioural vulnerability as indicated by the fact that they exclusively frequented the hedgerows during over 19 hours of observation. The behavioural vulnerability of the Vesper Sparrow was judged higher than that of the Song Sparrow because of its nesting behaviour and greater tendency to frequent the fields (during at least 6% of 15 hours of observation). This species is however likely much more affected by the hilling of the potato plants, which would destroy all nests in the fields, than to pesticides.

It is concluded that the effects of the spraying of azinphos-methyl was of little significance to the Song Sparrows and although the Vesper Sparrows were more vulnerable, they were primarily affected, if at all, by other agricultural practises. Both species are likely more vulnerable to the potential effects of azinphos-methyl where hedgerows are absent or offer less protection from drift.

ÉQUIPE DE TRAVAIL

SAGE Ltée

POULIN, Richard	Chargé de projet
GRAHAM, Douglas J.	Rédacteur principal Biologiste
COLLIN, Linda	Secrétaire
DAUPHIN, Diane	Biologiste
GRENIER, Michel	Cartographe
LACHANCE, Diane	Secrétaire
LACOURSIERE, Anne	Biologiste
MAISONNEUVE, Charles	Biologiste
MITCHELL, Catherine	Dessinatrice sur ordinateur
MORRISSETTE, Gaétan	Technicien de la faune

Environnement Canada

DESGRANGES, Jean-Luc	Coordination/Supervision scientifique Chercheur scientifique
GRIFFITH, Anne	Analyses de l'activité de la cholinestérase
KENNEDY, Sean	Analyses de l'activité de la cholinestérase

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier monsieur et madame Faucher de Pont-Rouge, de même que monsieur et madame Charron pour nous avoir accordé la permission d'utiliser leurs terres agricoles aux fins de cette étude.

Nous tenons aussi à remercier monsieur Pagé, bio-agronome de la compagnie Pomexpan et responsable des champs de notre site d'étude à Pont-Rouge, pour nous avoir facilité les travaux sur le terrain de nombreuses façons, de même que pour son aide et ses précieux conseils.

Enfin, merci à madame Lloyd, du service de Documentation du Groupe d'évaluation des pesticides du Service canadien de la faune à Hull, pour nous avoir aidé dans les recherches bibliographiques.

TABLE DES MATIÈRES

		PAGE
RÉSUMÉ		iii
ABSTRACT		v
ÉQUIPE DE TRAVAIL		vii
REMERCIEMENTS		viii
TABLE DES MATIERES		ix
LISTE DES FIGURES		xi
LISTE DES PHOTOGRAPHIES		xii
LISTE DES TABLEAUX		xii
INTRODUCTION		1
1.	CARACTÉRISTIQUES ET ÉCOTOXICOLOGIE DE L'AZINPHOS-MÉTHYL	2
1.1	Caractéristiques du produit	2
1.2	Utilisation au Québec	2
1.3	Effets connus de l'azinphos-méthyl sur les oiseaux sauvages	3
2.	DESCRIPTION DES SITES D'ÉTUDE	7
2.1	Champs de pommes de terre pulvérisés à l'azinphos-méthyl	7
2.2	Champ témoin biologique	10
3.	MÉTHODES	12
3.1	Périodes d'observation sur le terrain	12
3.2	Effets des pratiques agricoles sur les oiseaux	13
3.3	Comportement des oiseaux fréquentant les sites d'étude	17
4.	RÉSULTATS	18
4.1	Effets des pratiques agricoles sur les oiseaux	18
4.2	Comportement des oiseaux fréquentant les sites d'étude	29

5. DISCUSSION 32

5.1 Effets des activités agricoles sur le Bruant chanteur 35
5.2 Effets des activités agricoles sur le Bruant vespéral 3[illegible]
5.3 Autres espèces 40
5.4 Effets au niveau de la population 41

6. CONCLUSION 42

RÉFÉRENCES 43

ANNEXES

1. Noms scientifiques, français et anglais des espèces d'oiseaux mentionnées dans le texte 47

2. Avifaune du site d'étude de Pont-Rouge 49

3. Territoires des quatre espèces les plus communes du site d'étude de Pont-Rouge 51

4. Tableaux de données brutes 66

LISTE DES FIGURES

		PAGE
1.	Site d'étude à Pont-Rouge	8
2.	Site d'étude à Portneuf-Station	11
3.	Nombre de territoires des principales espèces en fonction des arrosages à l'azinphos-méthyl	20
4.	Activité de la cholinestérase des cerveaux de Bruants chanteurs adultes exposés à l'azinphos-méthyl	23
5.	Coefficient d'activité du Bruant chanteur en fonction des pulvérisations à l'azinphos-méthyl	24
6.	Coefficient d'activité du Bruant vespéral en fonction des pulvérisations à l'azinphos-méthyl	25
7.	Coefficient d'activité du Bruant des prés au site témoin	26
8.	Fréquence de capture pour le Bruant chanteur et le Bruant vespéral en fonction des pulvérisations à l'azinphos-méthyl	27
9.	Fréquentation des différents microhabitats par les trois principales espèces d'oiseaux	30
10.	Comportements observés des trois principales espèces d'oiseaux	31
11.	Impacts anthropiques sur les oiseaux d'un milieu agricole	33
12.	Impacts anthropiques sur les Bruants chanteurs fréquentant les champs de pommes de terre	37
13.	Impacts anthropiques sur les Bruants vespéraux fréquentant les champs de pommes de terre	37

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

		PAGE
1.	Site d'étude à Pont-Rouge (pulvérisation aérienne en cours), le 13 juillet 1989	9
2.	Site témoin à Portneuf-Station, le 12 juillet 1989	9

LISTE DES TABLEAUX

		PAGE
1.	Études de laboratoire portant sur la toxicité orale aiguë de l'azinphos-méthyl sur les oiseaux	5
2.	Études sur le terrain portant sur les effets de l'azinphos-méthyl sur les oiseaux	6
3.	Résultats sommaires des mesures d'effets anthropiques sur le Bruant chanteur et le Bruant vespéral	36

INTRODUCTION

Les pesticides utilisés en milieu agricole peuvent à l'occasion causer une mortalité importante chez les oiseaux (Grue *et al.*, 1986; Smith, 1987). Au Québec, on s'est cependant peu intéressé à ce sujet. A notre connaissance, la seule étude évaluant l'effet des pesticides sur les oiseaux en milieu agricole dans la province est celle de Graham *et al.* (1989).

Cette situation semble être le reflet du peu d'intérêt porté sur le milieu agricole en tant que support pour la faune. Cependant, les terres agricoles font partie intégrante et permanente de notre environnement; elles sont dotées d'une faune particulière, relativement riche et de composition largement indigène (voir l'annexe 2 de cette étude). Dans certains pays, comme l'Angleterre, la forêt a fait place à l'agriculture il y a plus d'un millier d'années (O'Connor et Shrubb, 1986). L'avifaune agricole y occupe une place d'intérêt et les impacts anthropiques sur celle-ci sont étudiés en profondeur (Murton et Westwood, 1974; Osborne, 1984).

La présente étude est un pas vers une meilleure connaissance de la faune avienne des champs agricoles, et de l'impact potentiel des pesticides sur celle-ci. Spécifiquement, elle vise à étudier les effets de l'azinphos-méthyl, un produit très toxique en laboratoire mais dont les effets sont peu connus sur le terrain. Au Québec, ce produit est utilisé surtout dans les vergers pour contrôler la Mouche de la pomme (*Rhagoletis pomonella*) et, comme à notre site d'étude de Pont-Rouge, dans les champs de pommes de terre pour contrôler le Doryphore de la pomme de terre (*Leptinotarsa decemlineata*). L'étude a aussi pour but la description et l'analyse des facteurs comportementaux qui peuvent jouer un rôle important en déterminant la vulnérabilité des différentes espèces aux effets potentiels des insecticides.

1. CARACTÉRISTIQUES ET ÉCOTOXICOLOGIE DE L'AZINPHOS-MÉTHYL

1.1 Caractéristiques du produit

L'azinphos-méthyl est un insecticide à large spectre qui appartient à la famille des organophosphorés. Avec, entre autres, le malathion, le diméthoate et le disulfoton, il fait partie du groupe des phosphorodithionates. Worthing et Walker (1987) présentent en détail les caractéristiques physiques et chimiques du produit. Au Québec, l'azinphos-méthyl est commercialisé par Chemagro Limited sous le nom de Guthion, marque déposée de Bayer AG. Les deux formulations couramment employées au Québec sont une poudre mouillable (50W) et un concentré utilisé en pulvérisation (240SC).

Comparé aux pesticides organochlorés, comme le DDT, l'azinphos-méthyl est très peu persistant dans l'environnement, bien que parmi les organophosphorés, il soit considéré comme étant relativement persistant. Sa disparition du sol ou de la végétation se fait par décomposition photochimique ou hydrolytique, par volatilisation ou par dégradation bactérienne (Staiff *et al.*). Sa demi-vie varie beaucoup selon la formulation employée, la culture pulvérisée et les conditions météorologiques; elle peut être de 12 jours dans le sol (Schulz *et al.*, 1970), de 2,6 à 6,3 jours sur les pommes (Pree *et al.*, 1976), mais respectivement de 38 et 355 jours sur les citrons et les oranges (Gunther, 1969).

1.2 Utilisation au Québec

En 1988, approximativement 16 000 kg d'azinphos-méthyl ont été vendus et utilisés au Québec, selon les données de Mobay Chemical Corporation (D. Savoie, comm. pers.). Quoiqu'il s'agisse d'un produit important en agriculture au Québec, il ne représentait en 1985 que 0,5% des ventes totales de pesticides au Québec (Cossette *et al.*, 1988).

Au Québec, l'azinphos-méthyl est surtout employé pour les cultures de la pomme, de la pomme de terre, des petits fruits et de quelques légumes. Environ 55% de la quantité vendue de ce produit serait utilisée dans les vergers, 40% dans les cultures de la pomme de terre et 5% sur les fraises, framboises et autres cultures (D. Savoie, comm. pers.). Selon Boudier (1988), le pourcentage d'agriculteurs qui utilisent ce pesticide atteint 44% pour la culture de la pomme, 18% pour la culture des fraises et 12% pour la culture de la pomme de terre.

En ce qui a trait à la culture de la pomme de terre, l'azinphos-méthyl est un moyen privilégié de lutte contre le Doryphore de la pomme de terre. La dose employée sur les champs de notre site d'étude à Pont-Rouge était de 1,75 l/ha (240 g/ha), dose usuelle recommandée pour le contrôle du Doryphore de la pomme de terre. La formulation utilisée était le concentré de pulvérisation (Guthion 240SC).

Bien que représentant un moyen de contrôle assez efficace contre le Doryphore de la pomme de terre, ce produit nécessite quatre applications par été. Des populations de cette espèce, des centaines de fois plus résistantes que la moyenne, ont déjà été signalées aux États-Unis (Argentine *et al.*, 1989), et on peut s'attendre à ce que ce problème prenne de plus en plus d'ampleur au Québec.

1.3 Effets connus de l'azinphos-méthyl sur les oiseaux sauvages

Comme d'autres insecticides du groupe des organophosphorés, l'azinphos-méthyl doit ses propriétés au fait qu'il inhibe l'action de l'enzyme cholinestérase. Chez les vertébrés, cette enzyme joue un rôle critique dans la transmission des impulsions nerveuses, et les cas d'empoisonnement se caractérisent par des effets prévisibles sur le système nerveux. L'azinphos-méthyl est considéré hautement réactif avec la cholinestérase (Smith, 1987).

La toxicité d'un insecticide de la famille des organophosphorés sur les vertébrés est fonction de plusieurs facteurs: présence d'estérases du

groupe "A" avec le potentiel d'hydrolyser l'insecticide, présence d'estérases du groupe "B" inhibées par l'insecticide et le potentiel de l'organisme à convertir des produits toxiques en des métabolites de dégradation moins toxiques (Walker et Machness, 1987). Sultatos et Minor (1987) ont démontré que chez la souris, l'azinphos-méthyl subi une dégradation complexe résultant en plusieurs métabolites. Comparés aux mammifères, les oiseaux sont généralement plus sensibles aux insecticides de la famille des organophosphorés à cause d'une faible concentration d'estérases du groupe "A" dans leur organisme (Walker et Machness, 1987).

L'azinphos-méthyl est classé dans une catégorie "extrêmement toxique" (DL50 pour le rat ≤ 40 mg/kg) par Smith (1987); cette observation est appuyée par plusieurs études (tableau 1). Les valeurs de la DL50 varient de 8,5 à 283 mg/kg. Smith (1987) résume les résultats de plusieurs autres études concernant la concentration létale dans la nourriture.

Malgré la toxicité aiguë de l'azinphos-méthyl en laboratoire, aucune étude de terrain n'a démontré d'effets directs vraiment significatifs sur la faune sauvage. Aucun cas de mortalité d'oiseaux imputable à cet insecticide n'a été rapporté par Grue *et al.* (1983) ou par Boudier (1988). Comme indiqué par Smith (1987), le peu d'études faites à ce sujet ne permet pas cependant d'exclure toute absence d'un effet. Les études s'intéressant aux effets de l'azinphos-méthyl sur les oiseaux sauvages sont présentées au tableau 2. Une des plus détaillées, et la seule effectuée au Québec, est celle de Graham *et al.* (1989). Cette étude n'a pu démontrer d'effets sur les oiseaux fréquentant un verger régulièrement arrosé avec ce produit. Cependant, les auteurs ont noté une baisse de l'activité de la cholinestérase chez les Bruants chanteurs[1], espèce qui nichait et s'alimentait dans les vergers. Ils n'ont pu exclure la possibilité d'effets sous-létaux sur cette espèce.

---

(1) Les noms scientifiques, français et anglais des espèces d'oiseaux mentionnées dans le texte se trouvent à l'annexe 1.

Tableau 1

ÉTUDES DE LABORATOIRE PORTANT SUR LA TOXICITÉ ORALE AIGUË DE L'AZINPHOS-MÉTHYL SUR LES OISEAUX

ESPÈCES	DL50 (mg/kg)[a]	SOURCES
Canard colvert	136	Tucker et Crabtree (1970)
Perdrix choukar	84,2	Tucker et Crabtree (1970)
Faisan à collier	75 283	Tucker et Crabtree (1970) Hudson *et al.* (1984)
Colin de Virginie	60 - 120	Hudson *et al.* (1984)
Poule domestique	262	Schafer (1972)
Étourneau sansonnet	27	Schafer (1972)
Carouge à épaulettes	8,5	Schafer (1972)

[a] DL50 est la dose létale pour laquelle la mortalité atteint 50% des sujets traités.

Tableau 2

ÉTUDES SUR LE TERRAIN PORTANT SUR LES EFFETS DE L'AZINPHOS-MÉTHYL SUR LES OISEAUX

ESPÈCES	CONDITIONS EXPÉRIMENTALES	EFFETS OBSERVÉS	SOURCES
Faisan à collier	Exposés (dans une cage) à diverses concentrations	Aucun	Zorb et Black (1965)
Colin de Virginie Tourterelle triste	Exposés à diverses concentrations dans un verger	Aucun	Anderson *et al.* (1978)
Merle d'Amérique	Étude du succès de reproduction dans un verger commercial	Aucun	Johnson *et al.* (1976)
Tourterelle triste	Étude du succès de reproduction dans un verger commercial	Aucun	Putera *et al.* (1985)
Tourterelle triste Grand Quiscale	Analyses de l'activité de la cholinestérase	Rarement associé à une baisse de l'activité; aucun autre effet constaté	Custer et Mitchell (1987)
Bruant chanteur Bruant familier Merle d'Amérique Etc.	Effets létaux et sous-létaux dans un verger commercial	Baisse probable de l'activité de la cholinestérase chez le Bruant chanteur	Graham *et al.* (1989)

2. DESCRIPTION DES SITES D'ÉTUDE

2.1 Champs de pommes de terre pulvérisés à l'azinphos-méthyl

Le site d'étude retenu se trouve dans la municipalité de Pont-Rouge, à environ 25 km à l'ouest de la ville de Québec. L'agriculture de cette région est largement consacrée à la culture de la pomme de terre. Les champs sont longs, atteignant parfois plus de 2 km, étroits (50 à 75 m) et souvent bordés par des haies arborescentes ou arbustives.

Les trois champs sélectionnés (figure 1) sont très représentatifs des champs de pommes de terre de la région de Pont-Rouge. Ils ont une longueur de 2 km et une largeur combinée d'environ 180 m. Les champs sont bordés à l'est par une sablière et à l'ouest par une aire ouverte non agricole et un champ de foin. La partie des champs la plus intensivement étudiée couvrait une superficie d'environ 9 ha (500 x 180 m) s'étendant à partir de 250 m de leur limite sud jusqu'à 750 m au nord. Dans cette zone, les champs étaient séparés par des haies d'une largeur approximative de 2 à 3 m et d'une hauteur de 2 à 5 m (photographie 1). Des balises ont été placées à tous les 50 m dans toutes les haies.

Les champs sous observation furent pulvérisés à l'azinphos-méthyl quatre fois durant la saison estivale. Une première pulvérisation par tracteur s'est effectuée le 13 juin, avant que ne débute l'étude sur le terrain. Une deuxième pulvérisation par tracteur s'est effectuée le 21 juin et deux autres par avion les 3 et 4 juillet et le 13 juillet. Le fongicide mancozèbe, très peu toxique pour les vertébrés (Worthing et Walker, 1987), fut appliqué sur les champs en même temps que l'azinphos-méthyl. Finalement, une autre intervention agricole, effectuée entre le 22 et le 26 juin, a consisté à rechausser les plants de pommes de terre.

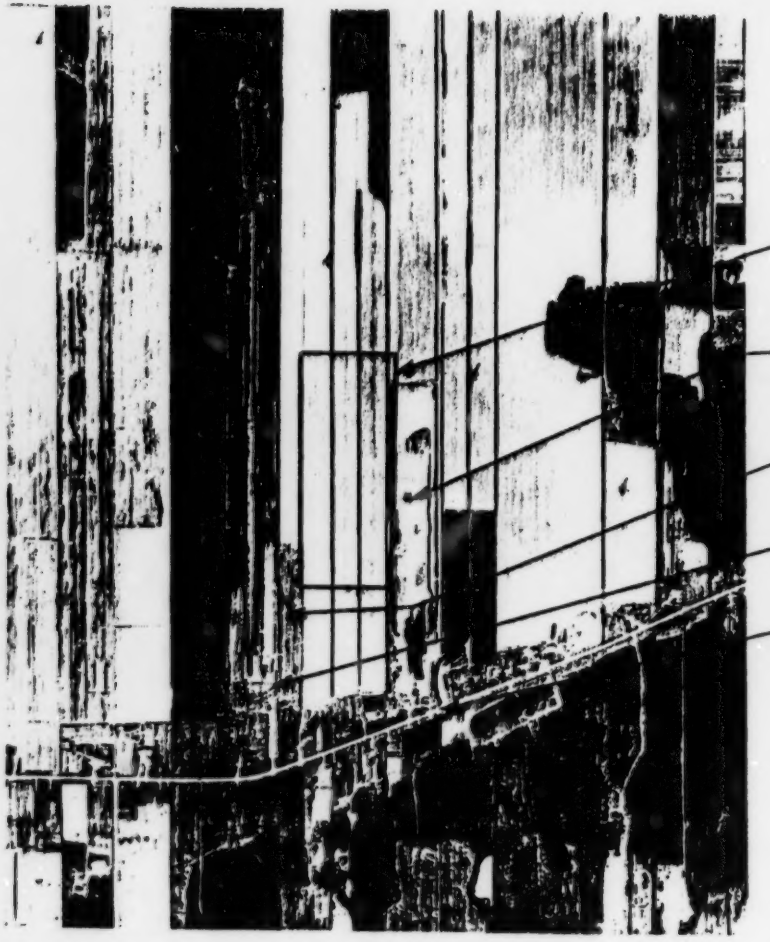


FIGURE 1

SITE D'ÉTUDE À PONT-ROUGE

Zone d'observation intensive
(de 250 m à 750 m du début du champ)

Sablière

Champ de foin

Piste d'accélération

Rang Grand-Caspa

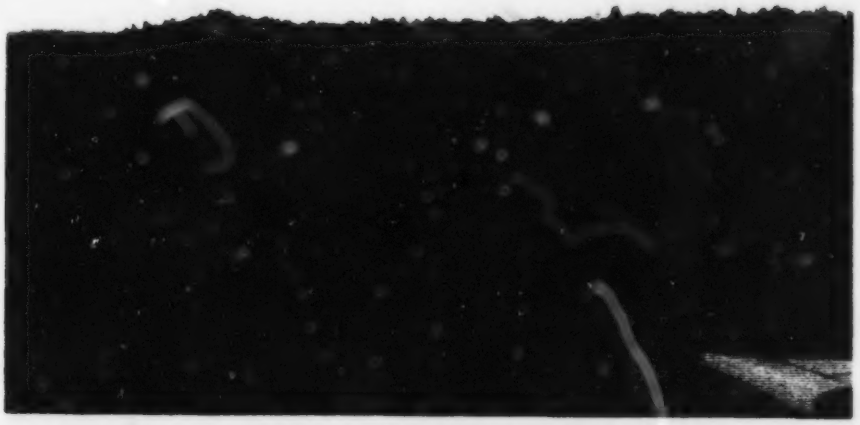
N

0 300 m

SAGE

Source: Photographie aérienne (24 mai 1985) à 1 : 15 000 (C85821-194) du ministère de l'Énergie et des Ressources

Photographie 1. SITE D'ÉTUDE À PONT-ROUGE (PULVÉRISATION AÉRIENNE EN COURS) LE 13 JUILLET 1989



Photographie 2. SITE TÉMOIN À PORTNEUF-STATION LE 12 JUILLET 1989

2.2 Champ témoin biologique

Les champs de pommes de terre épargnés de tout traitement d'insecticides sont rares au Québec et sont très souvent de petite superficie. Il est donc difficile, sinon impossible, de trouver des sites témoins tout à fait comparables aux champs traités. Le site témoin choisi se trouve sur une ferme biologique à Portneuf-Station, située à une distance de 25 km à l'ouest de Pont-Rouge.

Cette ferme se consacre à la culture maraîchère et comprend des superficies relativement importantes de pommes de terre (figure 2). D'une longueur de 400 m et d'une largeur de 250 m, ce site d'étude a une superficie d'environ 10 ha. Les champs sont bordés par des haies semblables à celles des champs de Pont-Rouge, bien qu'étant plus larges et plus arborescentes (photographie 2). Les zones adjacentes à la ferme étaient largement boisées, avec des champs de foin à l'est.

Aucun pesticide n'a été employé sur les champs à Portneuf-Station, ni sur les champs à proximité. La plus grande partie des travaux de sarclage et d'entretien était effectuée à la main ou à l'aide de petits tracteurs.

Afin de capturer des individus non exposés aux insecticides à des fins de prélèvements de sang, un deuxième site témoin a été utilisé les 13 et 14 juillet. Ce site, situé à 3 km à l'ouest du site de Pont-Rouge, est entouré de champs de foin et de champs de fraises n'ayant subi aucun arrosage d'insecticides.

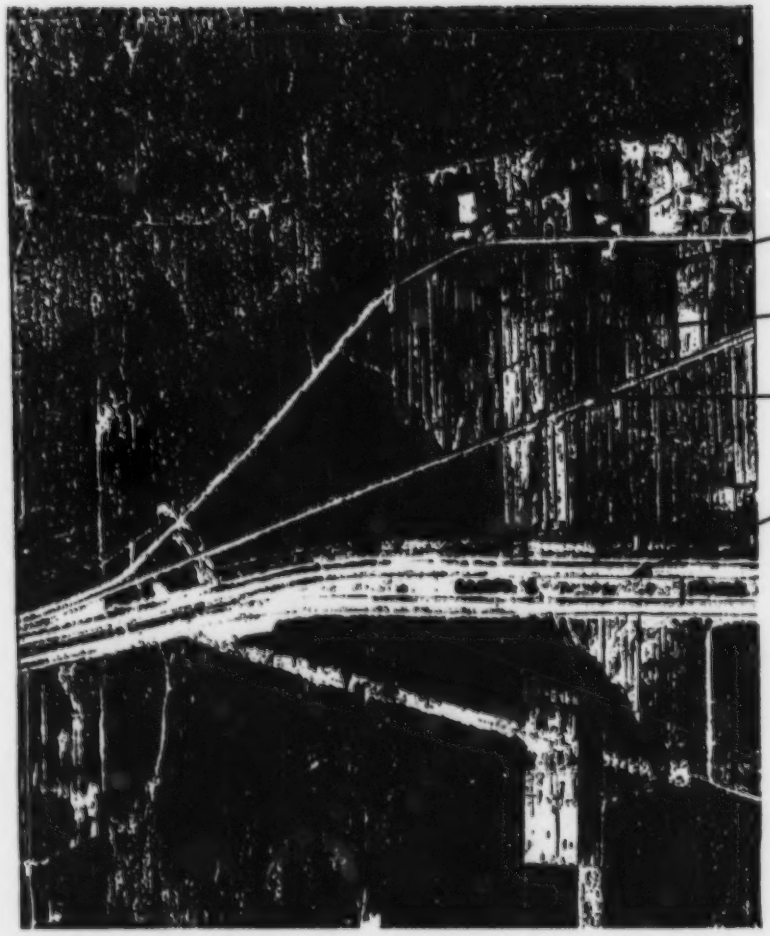


FIGURE 2

SITE D'ÉTUDE À PORTNEUF-STATION

Zone d'observation intensive

Champ de foin (non traité)

Chemin de fer (Canadien Pacifique)

Autoroute 40

0 300 m

SAGE

Source: Photographie aérienne (24 mai 1985) à 1 : 15 000 (Q85821-82) du ministère de l'Énergie et des Ressources

3. MÉTHODES

Le travail sur le terrain s'est déroulé du 19 juin au 14 juillet 1989. Les méthodes employées visaient essentiellement deux buts: la quantification des effets de l'azinphos-méthyl sur les oiseaux et la récolte de données concernant le comportement des principales espèces d'oiseaux fréquentant les sites d'étude. Avant de discuter les méthodes propres à ces deux volets, nous présentons dans une première section des informations générales au sujet des périodes d'observation sur le terrain.

3.1 Périodes d'observation sur le terrain

Au total, 63 périodes d'observation sur le terrain (40 heures au site arrosé à l'azinphos-méthyl et 23 heures au site témoin) ont permis de récolter des informations sur les individus et les populations, plus spécifiquement:

- l'importance de l'activité avienne;
- la survie d'individus reconnaissables;
- les changements territoriaux survenus;
- la fréquentation des différents microhabitats;
- le temps consacré à différents comportements.

Chaque période d'observation durait une heure, divisée en blocs de 15 secondes. Lors de cette période, l'observateur immobile s'est positionné à côté d'une haie en bordure du champ. Les principaux paramètres observés étaient l'espèce et, lorsque possible, l'individu (dans le cas d'oiseaux bagués), le microhabitat fréquenté et le comportement de l'oiseau. Toutes les observations ont été notées sur des fiches de terrain. De plus, la localisation des oiseaux observés et leurs mouvements furent indiqués sur une carte.

Le début des périodes d'observation était fixé à une des heures suivantes: 6h00, 7h10, 8h20, 9h30, 10h40 ou 11h50. Le nombre maximal de périodes lors d'une journée sur le terrain était alors de six; pour certaines journées, le nombre de périodes a pu être aussi bas que deux. Aucune observation n'a été effectuée lorsque les conditions météorologiques étaient défavorables.

L'observateur se plaçait à des endroits choisis sur le terrain de façon à couvrir uniformément la zone d'étude. Son champ de vision était limité par la présence de haies bordant chaque champ et par la végétation dans ceux-ci. La zone observée couvrait environ 0,6 ha, soit une distance de 50 m de part et d'autre de l'observateur le long de la haie, et 60 m perpendiculairement à celle-ci. Cette dernière distance correspondait à la largeur des champs.

3.2 Effets des pratiques agricoles sur les oiseaux

A) Taux de survie des individus

Une estimation du taux de survie des oiseaux suite à l'application des pesticides nécessite au départ que les individus soient reconnaissables. La portée limitée de l'étude nous a empêché de marquer beaucoup d'individus. Un total de 15 oiseaux au site d'étude de Pont-Rouge furent dotés d'une bague en plastique de couleur (toujours accompagnée de la bague standard du Service canadien de la faune).

Le nombre de fois que l'oiseau marqué est revu ou recapturé constitue la mesure de survie. La plupart des mentions proviennent des périodes d'observation, mais toutes les observations pertinentes lors de d'autres activités sur le terrain ont aussi été considérées.

B) Changements territoriaux

Au même titre que le taux de survie des oiseaux adultes, les changements territoriaux en fonction des pulvérisations peuvent indiquer une mortalité

imputable à un insecticide (Edwards *et al.*, 1979). Cette approche comporte certaines incertitudes au niveau de l'interprétation si les détenteurs de territoires ne sont pas marqués. De nombreuses expériences sur le terrain ont démontré qu'un occupant disparu d'un territoire est souvent rapidement remplacé par un "dériveur", c'est-à-dire un oiseau faisant partie d'une population flottante (Edwards, 1977). Il est alors possible d'observer une continuité apparente de l'occupation des territoires et ce, malgré un taux élevé de mortalité.

Cependant, il y a des indices qui pourraient permettre de déceler le phénomène de remplacement d'individus disparus par les dériveurs. Le remplacement d'un mâle mort, si un tel phénomène se produit, ne se fait pas instantanément. L'absence d'un mâle pour une certaine période de temps résulte souvent en l'expansion des territoires adjacents. Les expansions ou contractions marquées de territoires peuvent alors indiquer que des détenteurs des territoires se remplacent. De plus, un nouveau détenteur d'un territoire risque de provoquer des manifestations territoriales chez ses voisins. Il est aussi possible pour un observateur expérimenté de constater une différence entre deux mâles se succédant en ce qui concerne leur comportement, leur chant ou leur poste de chant (Arcese, 1989).

Des cartes hebdomadaires d'occupation de territoires ont été dressées pour chacune des principales espèces fréquentant la zone d'étude. Les données utilisées provenaient des cartes utilisées lors des périodes d'observation, mais aussi de toute autre observation pertinente faite à l'extérieur de ces périodes.

C) Effets physiologiques

Puisque l'azinphos-méthyl est un inhibiteur assez puissant de l'enzyme cholinestérase, une baisse de l'activité de l'enzyme dans les échantillons de sang ou de cerveaux peut indiquer une exposition à l'insecticide (Hill et Fleming, 1982). Cependant, une variabilité naturelle assez importante du niveau d'activité de la cholinestérase rend difficile l'interprétation d'une baisse de l'activité suite à un arrosage d'insecticides. La varia-

bilité naturelle est associée à des rythmes diurnes (Thompson *et al.*, 1988), à l'âge des oiseaux (Grue et Hunter, 1984) ou à leur état physiologique (Rattner, 1982). Malgré ces problèmes d'interprétation, on peut tout de même affirmer qu'une baisse significative de l'activité de la cholinestérase dans les échantillons récoltés immédiatement après un arrosage est une bonne indication d'une exposition à l'insecticide.

Méthodes utilisées sur le terrain

La méthodologie utilisée sur le terrain s'inspire en grande partie du protocole préparé par le Dr Sean Kennedy et ses collègues de la division Recherche en toxicologie de la faune du Service canadien de la faune (Centre national de recherche faunique à Hull).

Pour les échantillons de sang, l'approche retenue consiste à prélever du sang avec une aiguille hypodermique à même la veine jugulaire. Un échantillon de 0,2 ml est prélevé. Le sang est ensuite transféré dans des tubes microcapillaires et centrifugé presque immédiatement. Un centrifugeur était disponible sur le terrain. Le sang, centrifugé pendant cinq minutes à approximativement 1 000xG, est par la suite immédiatement congelé sur de la glace sèche en attendant d'être transféré dans un congélateur.

Le niveau d'activité de la cholinestérase peut aussi être mesuré sur les échantillons de cerveaux. Aucun oiseau n'a été sacrifié à cette fin, mais la tête des individus morts lors de la capture ou du prélèvement de sang a été gardée au froid puis congelée le jour même.

Méthodes d'analyse en laboratoire

La détermination de l'activité de la cholinestérase a suivi la méthode de Ellman *et al.* (1961), modifiée par Hill et Fleming (1982). La réactivation de la cholinestérase, utilisant les techniques 2-PAM et de filtration gel (Martin *et al.*, 1981), s'est faite selon un protocole développé par la division Recherche en toxicologie de la faune d'Environnement Canada à Hull.

Normalement, on peut conclure à une exposition à un insecticide inhibiteur de la cholinestérase, lorsque les spécimens traités présentent un niveau d'activité de la cholinestérase de plus de deux écarts-types inférieurs à la moyenne des spécimens témoins (Hill, 1988). Néanmoins, une différence significative entre les moyennes des échantillons témoins et exposés, peut aussi indiquer une exposition possible. La méthode de réactivation 2-PAM permet de confirmer l'exposition de l'échantillon à un inhibiteur de cholinestérase. Cependant, un résultat peut être faussement négatif (Martin *et al.*, 1981).

D) Coefficient d'activité en fonction des pulvérisations

Afin de pouvoir estimer le niveau d'activité des oiseaux présents dans la zone d'étude, nous avons calculé un coefficient d'activité à partir des données provenant des périodes d'observation sur le terrain. Le coefficient d'activité représente, pour chaque espèce, le nombre cumulatif de minutes d'observation pour tous les individus observés. Par exemple, la présence de trois Bruants chanteurs dans les 0,6 ha couvert lors d'une période d'observation donne théoriquement un total maximum de 180 minutes d'activité. Cependant, parce que les seules périodes comptabilisées sont celles durant lesquelles la localisation de l'individu est connue avec certitude, le coefficient d'activité est toujours au-dessous du total maximum. Ces valeurs ont par la suite été ajustées afin d'exprimer les résultats en nombre de minutes d'activité/ha.

Le coefficient d'activité est fonction du niveau d'activité des oiseaux et du nombre réel d'oiseaux présents. Pour une période d'observation donnée, le coefficient d'activité est aussi influencé par la répartition des territoires. Une aire d'observation qui recoupe deux ou trois territoires risquerait au départ d'avoir des coefficients d'activité plus élevés qu'une aire ne renfermant qu'un seul territoire. L'importance de ce biais, ainsi que celui de la variabilité diurne des activités, est cependant minimisée en exprimant le coefficient comme une moyenne de toutes les périodes d'observation faites pendant la journée.

La capture d'oiseaux dans les filets japonais visait surtout le marquage et les prélèvements sanguins. De nombreux facteurs influencent les taux de capture et compliquent ainsi l'analyse des données (Karr, 1981), mais les taux de capture renseignent néanmoins sur l'importance relative de l'intensité de l'activité. Le taux de capture a été calculé en nombre d'oiseaux/filet-heure pour les principales espèces fréquentant les sites d'étude.

3.3 Comportement des oiseaux fréquentant les sites d'étude

A) Microhabitats fréquentés

Les données visant à établir la fréquentation des différents microhabitats ont été récoltées lors des périodes d'observation décrites à la section 3.1. Pour chaque observation d'un oiseau, le microhabitat dans lequel l'individu se trouvait fut noté. S'inspirant de Fuller (1984), nous avons distingué au départ quatre types de microhabitats différents: la haie entre les champs, les marges des champs (incluant les chemins en bordure de ceux-ci), dans les champs en bordure (jusqu'à une distance de 5 m du bord du champ) et finalement, dans les champs à plus de 5 m du bord. La difficulté de localiser précisément un oiseau se trouvant dans un champ nous a éventuellement incité à combiner ces deux derniers microhabitats.

B) Comportements des oiseaux observés

Comme pour le cas précédent, les données sur le comportement des oiseaux ont été récoltées lors des périodes d'observation sur le terrain. Le comportement ayant le plus d'intérêt était surtout celui relié à l'alimentation, activité qui, à notre avis, risque le plus d'augmenter l'exposition de l'oiseau adulte à un insecticide. Les types de comportement notés sur le terrain étaient les suivants: alimentation, inconnu (l'oiseau n'était pas visible, mais pouvait être localisé) et activité territoriale. Cette dernière catégorie consistait surtout en des activités des mâles, soit le chant et la patrouille du territoire.

4. RÉSULTATS

4.1 Effets des pratiques agricoles sur les oiseaux

A) Survie des individus reconnaissables

A cause du phénomène de remplacement décrit à la section B du point 3.2, les seuls individus pouvant être considérés reconnaissables avec certitude sont ceux marqués avec des combinaisons uniques de bagues colorées. Nous avons marqué au site d'étude de Pont-Rouge huit Bruants chanteurs, six Bruants vespéraux et un Bruant des prés.

Les détails sur les recaptures d'oiseaux marqués et des nouvelles observations de ceux-ci se trouvent sur les figures et cartes placées à l'annexe 3. Les huit Bruants chanteurs furent bagués avant la pulvérisation du 21 juin. Seulement quatre d'entre eux furent revus après cette pulvérisation et aucun après la pulvérisation du 3 juillet.

Les Bruants vespéraux ont été retrouvés avec plus de fréquence. Des trois individus bagués avant la pulvérisation du 21 juin, deux furent revus après l'arrosage du 21 juin et un après l'arrosage du 3 juillet. Des trois individus bagués après la pulvérisation du 21 juin, deux ont été revus ou recapturés le 14 juillet, soit après deux pulvérisations aériennes les 3 et 13 juillet.

Quant à la femelle Bruant des prés, elle n'a jamais été revue après sa capture le 20 juin. Par contre, nous avons observé de façon régulière un mâle sur le même territoire (annexe 3).

Le fait que relativement peu de Bruants chanteurs aient été revus suggère la possibilité que certains d'entre eux sont morts ou disparus. Cette possibilité ne peut être rejetée catégoriquement; cependant, les difficul-

tés associées à l'identification des oiseaux bagués sur le terrain pourraient expliquer, en partie du moins, le faible nombre de contacts avec ces individus marqués. Les principaux problèmes rencontrés étaient attribuables au fait que l'observateur n'était généralement pas libre de se déplacer sur le terrain afin d'identifier les individus potentiellement marqués. Ainsi, lors des périodes d'observation, l'observateur était tenu de rester presque immobile afin de ne pas déranger les oiseaux; les dix minutes allouées entre chaque période d'observation ne suffisaient tout juste qu'à changer d'emplacement avant de reprendre les observations.

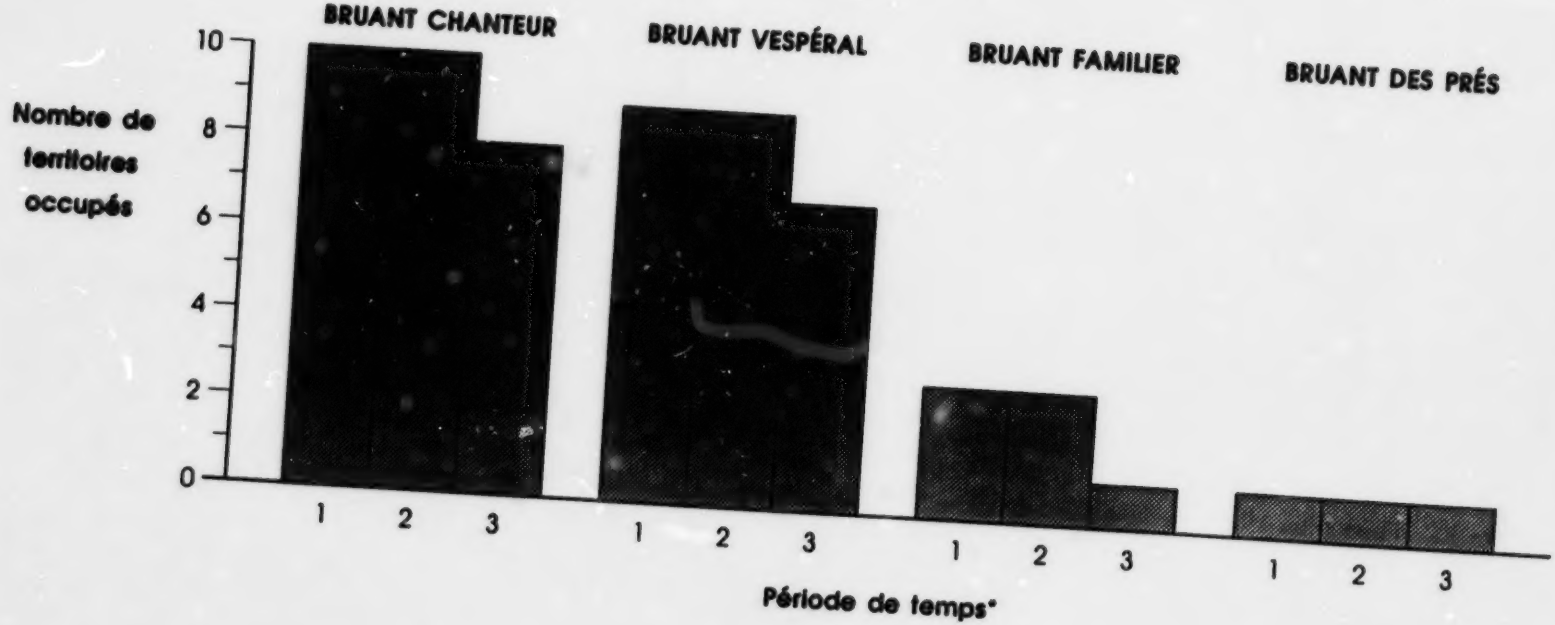
Nous ne croyons pas que la capture des oiseaux au filet ait pu provoquer autant de disparitions étant donné que celle-ci a été effectuée par des observateurs expérimentés et qu'il n'y a normalement très peu d'oiseaux qui abandonnent leur territoire après une telle manipualtion (Karr, 1981). Les prélèvements sanguins ne peuvent pas non plus être tenus principalement responsables. Des huit Bruants chanteurs bagués, seul un oiseau a subi un prélèvement sanguin. Ce prélèvement n'a pas été réussi mais l'oiseau relaché fut recapturé en excellente condition le lendemain. Dans le cas des Bruants vespéraux, trois individus munis d'une bague de couleur ont subi un prélèvement sanguin. Le prélèvement a été réussi dans deux cas et ces deux individus ont été revus dans les semaines subséquentes. Par contre, le troisième prélèvement n'a pas été réussi ce qui pourrait expliquer pourquoi cet individu n'a pas été revu par la suite.

B) Constance des territoires

Il est possible d'identifier aux mêmes endroits sur les cartes hebdomadaires d'occupation territoriale à peu près le même nombre de territoires pour chacune des espèces principales (annexe 3). Il n'y a donc pas eu de changements de nombre de territoires au cours de la saison (figure 3). Il faut toutefois, signaler que le nombre d'observations et la précision avec laquelle les cartes ont été dressées ne permettent pas de déceler les modifications mineures qui auraient pu survenir. De plus, on ne peut pas affirmer, sauf pour quelques territoires, qu'il s'agit bel et bien des mêmes individus du début jusqu'à la fin de l'étude.

Figure 3

NOMBRE DE TERRITOIRES DES PRINCIPALES ESPÈCES EN FONCTION DES ARROSAGES À L'AZINPHOS-MÉTHYL



* 1. Période avant l'arrosage du 21 juin

2. Période entre l'arrosage du 21 juin et celui du 3 juillet

3. Période après l'arrosage du 3 juillet

Le nombre de territoires était définitivement à la baisse vers la fin de l'étude. Ceci est sans doute associé à l'envol des jeunes du nid et à l'abandon progressif des territoires. Par exemple, nous avons vu des adultes Bruants familiers accompagnés de jeunes à partir du 25 juin. Les jeunes Bruants chanteurs étaient relativement communs au site d'étude vers la mi-juillet, comme le révèle les prises dans les filets. Le seul jeune Bruant vespéral vu était accompagné d'un adulte le 11 juillet près du site d'étude.

C) Effets physiologiques

Les résultats des analyses d'activité de la cholinestérase des échantillons de cerveaux et de sang sont présentés à l'annexe 4. Tel qu'indiqué à l'annexe, nous avons inclu quelques échantillons témoins de cerveaux pour le Bruant chanteur (de l'étude de Graham *et al.*, 1989) qui ont été collectionnés et analysés d'une manière identique à la présente étude. Une réactivation 2-PAM n'était possible que pour quelques-uns de nos échantillons à cause des volumes insuffisants de plasma. Aucune des réactivations effectuées n'a indiqué une exposition à un inhibiteur de la cholinestérase. En effet, il aurait fallu que l'activité soit de 50 % plus élevée que l'activité de la réactivation spontanée pour que le test puisse être considéré positif.

De façon générale, nous n'avons pas pu capturer suffisamment de spécimens pour constituer des échantillons statistiquement comparables. Même lorsque l'on peut comparer des échantillons témoins et exposés, on ne constate aucune relation avec les arrosages à l'azinphos-méthyl. Par exemple, deux Bruants vespéraux exposés à l'insecticide de 12 à 24 heures avant, ne montrent pas un niveau d'activité plus bas que celui de deux individus exposés une semaine avant (annexe 4).

La seule possibilité d'un effet attribuable aux arrosages de l'azinphos-méthyl concerne les échantillons de cerveaux du Bruant chanteur (figure 4). La moyenne des deux individus récemment exposés est inférieure à celle des sept individus témoins. La différence n'est cependant pas significative.

D) Coefficient d'activité en fonction des pulvérisations

Deux indices d'activité ont été calculés. Le premier, le coefficient d'activité, est le nombre de minutes d'activité par hectare par heure d'observation (voir la section 3.2 pour de plus amples explications). Le coefficient d'activité est présenté pour le Bruant chanteur, le Bruant vespéral et le Bruant des prés (figures 5 à 7). Le deuxième indice d'activité est le taux de capture dans les filets japonais. Pour calculer cet indice, nous avons capturé suffisamment d'individus seulement pour le Bruant chanteur et le Bruant vespéral (figure 8). Des informations additionnelles sont présentées à l'annexe 4.

Lorsque nous utilisons le terme "coefficient d'activité", il importe de souligner qu'il ne s'agit pas d'une véritable mesure d'activité globale de l'espèce. Comme discuté plus en détail dans les sections subséquentes, la presque totalité des oiseaux notés lors des périodes d'observation étaient des mâles engagés dans des activités territoriales. Les femelles ou les oiseaux s'alimentant ont rarement été aperçus. Il serait alors plus juste de considérer cet indice comme étant un coefficient d'activité territoriale.

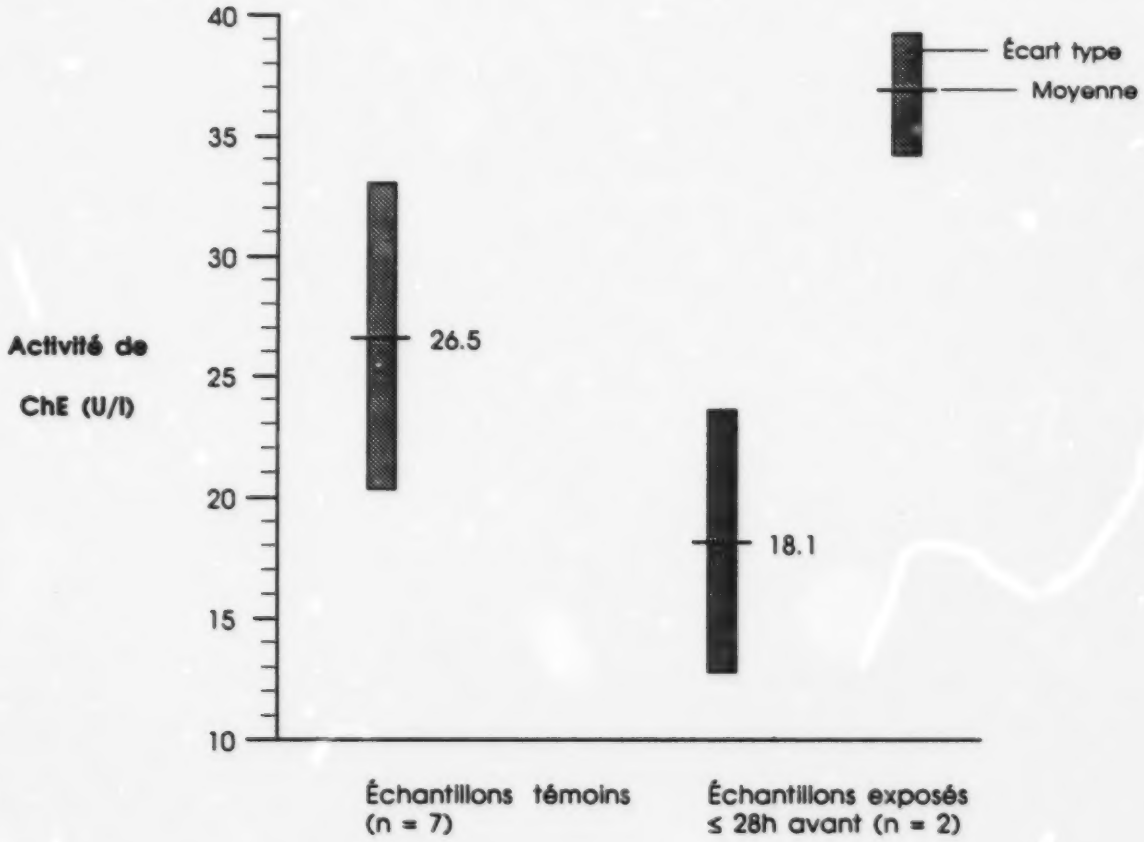
Bruant chanteur

Le Bruant chanteur était l'espèce la plus commune tant au site d'étude à Pont-Rouge qu'au site témoin. Environ 19 heures d'activité furent notées à Pont-Rouge et environ 15 au site témoin à Portneuf-Station.

Le coefficient d'activité de cette espèce (figure 5) ne varie pas de façon importante au cours de la période d'étude. Le nombre d'oiseaux capturés dans les filets (figure 8) est, quant à lui, plus variable. La baisse

Figure 4

ACTIVITÉ DE LA CHOLINESTÉRASE DES CERVEAUX DE BRUANTS CHANTEURS ADULTES EXPOSÉS À L'AZINPHOS-MÉTHYL*



* Dans une comparaison des moyennes, la valeur de t (1,71), n'est pas significative ($0,05 < p \leq 0,1$)

FIGURE 5

COEFFICIENT D'ACTIVITÉ DU BRUANT CHANTEUR EN FONCTION DES PULVÉRISATIONS À L'AZINPHOS-MÉTHYL

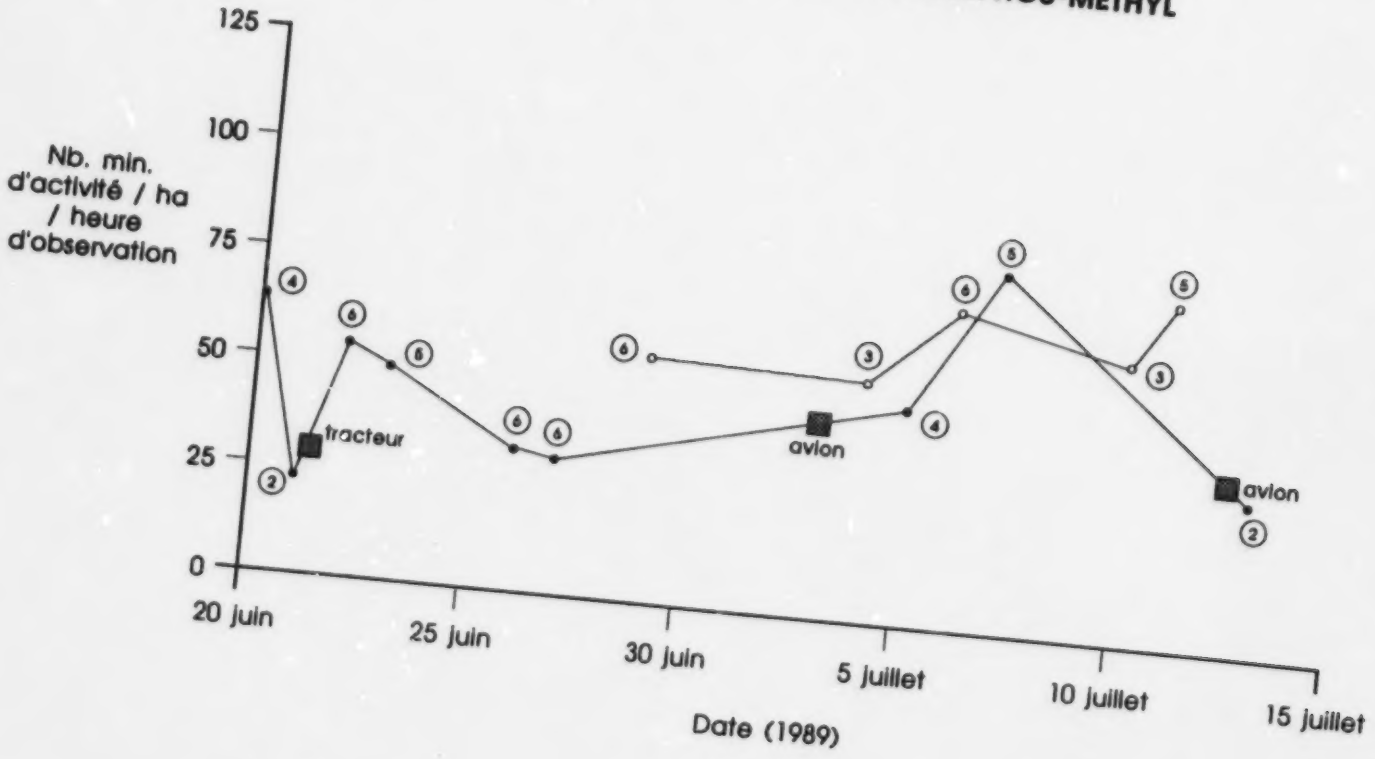
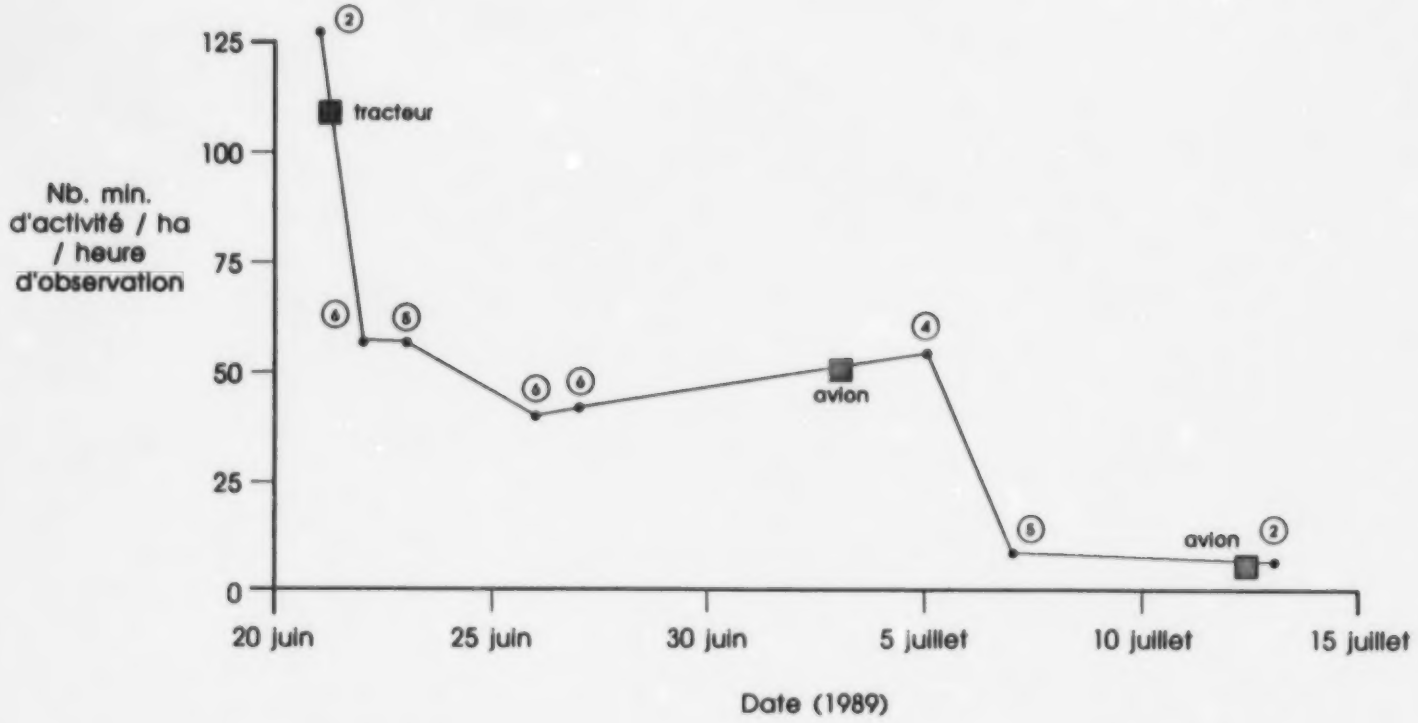


FIGURE 6

COEFFICIENT D'ACTIVITÉ DU BRUANT VESPÉRAL EN FONCTION DES PULVÉRISATIONS À L'AZINPHOS-MÉTHYL



Site d'étude

Champ pulvérisé

Divers

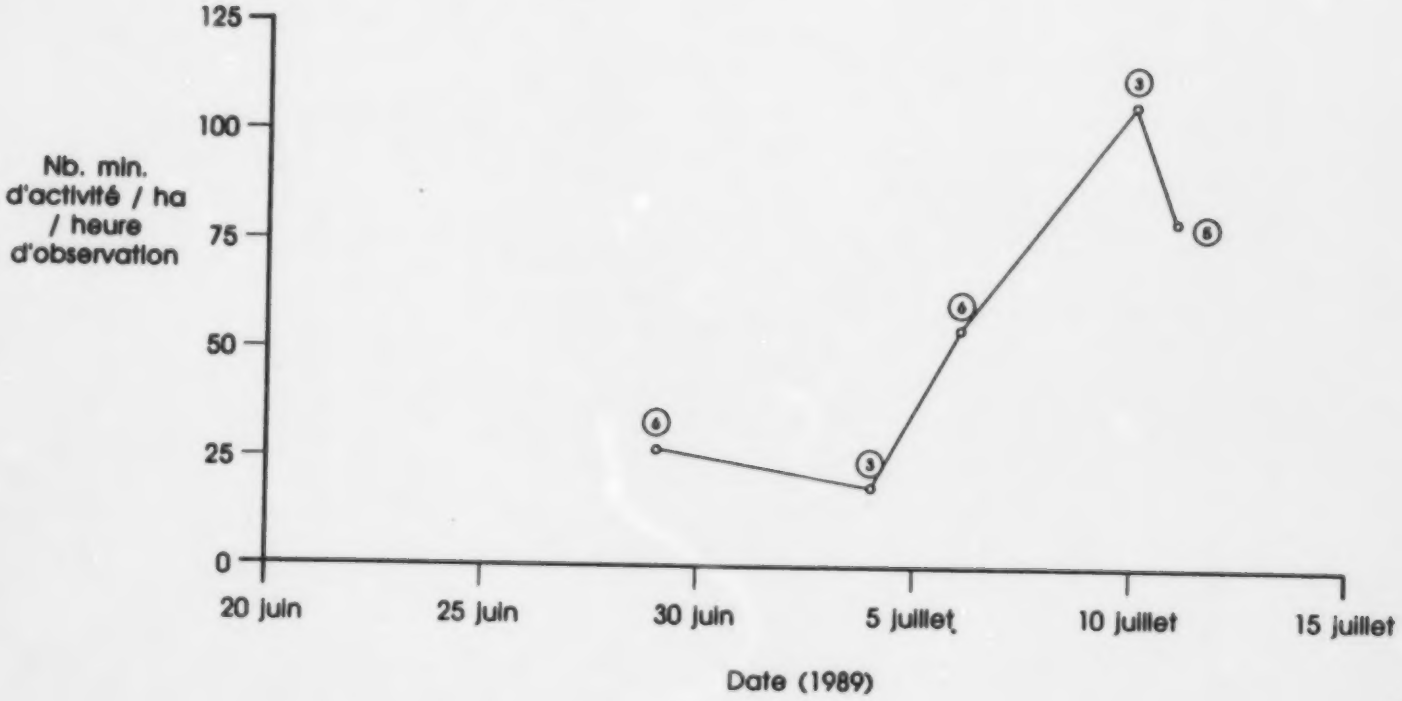
Pulvérisation à l'azinphos-méthyl

(5) Nombre d'heures d'observation

Note: Nous n'avons pas de données dans le champ témoin pour cette espèce

FIGURE 7

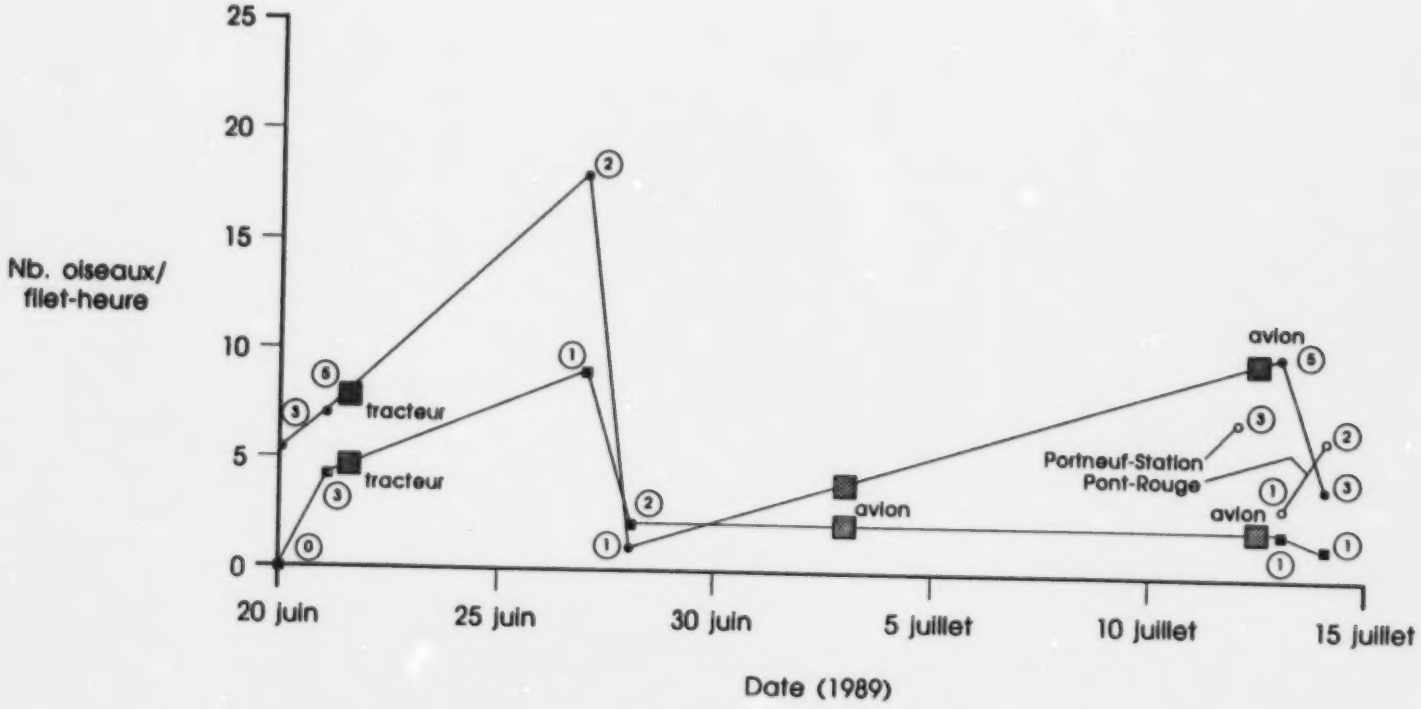
COEFFICIENT D'ACTIVITÉ DU BRUANT DES PRÉS AU SITE TÉMOIN



Note: Nous n'avons pas de données dans le champ pulvérisé pour cette espèce

FIGURE 8

FRÉQUENCE DE CAPTURE POUR LE BRUANT CHANTEUR ET LE BRUANT VESPÉRAL EN FONCTION DES PULVÉRISATIONS À L'AZINPHOS-MÉTHYL



BRUANT CHANTEUR

- Champ pulvérisé
- Champ témoin

BRUANT VESPÉRAL

- Champ pulvérisé

DIVERS

- Pulvérisation à l'azinphos-méthyl
- (5) Nombre d'oiseaux capturés

Note: Nous n'avons pas de données dans le champ témoin pour le Bruant vespéral

importante des captures faites le 28 juin comparativement à celles du 27 de même que celles du 14 juillet comparées à celles du 13 est probablement attribuable au fait qu'il s'agissait dans chaque cas de la réouverture de filets aux mêmes endroits que la veille. Or, nous savons que les oiseaux s'habituent aux emplacements des filets et qu'ils les évitent. Ce facteur pourrait avoir joué un rôle prépondérant dans la baisse du nombre de captures.

Bruant vespéral

Cette espèce était la deuxième espèce la plus commune à Pont-Rouge avec un total d'environ 17 heures d'observation. Cependant, elle était complètement absente au site témoin de Portneuf-Station pour des raisons vraisemblablement reliées à ses exigences écologiques.

A la différence du Bruant chanteur, il semble y avoir eu une diminution importante de l'activité de cette espèce en cours d'étude (figure 6). De plus, le taux de capture dans les filets japonais semble aussi indiquer une baisse pour la même période (figure 8).

Bruant des prés

La figure 7 montre le coefficient d'activité de cette espèce au site témoin à Portneuf-Station où elle était la deuxième espèce la plus commune avec 13 heures d'observation. On constate un niveau d'activité généralement plus élevé vers la fin de la période. Cette hausse pourrait être attribuée à la présente de juvéniles observés aux abords des champs à cette période de l'été.

L'espèce était presque du site d'étude de Pont-Rouge. Seulement un territoire se trouvait dans la zone traitée et il semble avoir été maintenu durant toute la période d'étude. Il n'y avait pas eu assez de captures de cette espèce pour calculer un taux de capture. Les huit individus capturés à Portneuf-Station, le 12 juillet, consistent largement en deux groupes familiaux.

4.2 Comportement des oiseaux fréquentant les sites d'étude

A) Microhabitats fréquentés

Aux sites pulvérisé et témoin, la quasi-totalité de l'activité observée du Bruant chanteur se déroulait dans les haies (figure 9). Le Bruant vespéral a été observé dans les champs 6% du temps. Les observations faites en dehors des périodes réservées confirment que le Bruant vespéral est effectivement la seule espèce rencontrée régulièrement dans les champs. Étant donné les difficultés associées à l'observation des oiseaux dans les champs, la valeur de 6% obtenue représente une estimation plausible et peut-être même une sous-estimation dans le cas du Bruant vespéral.

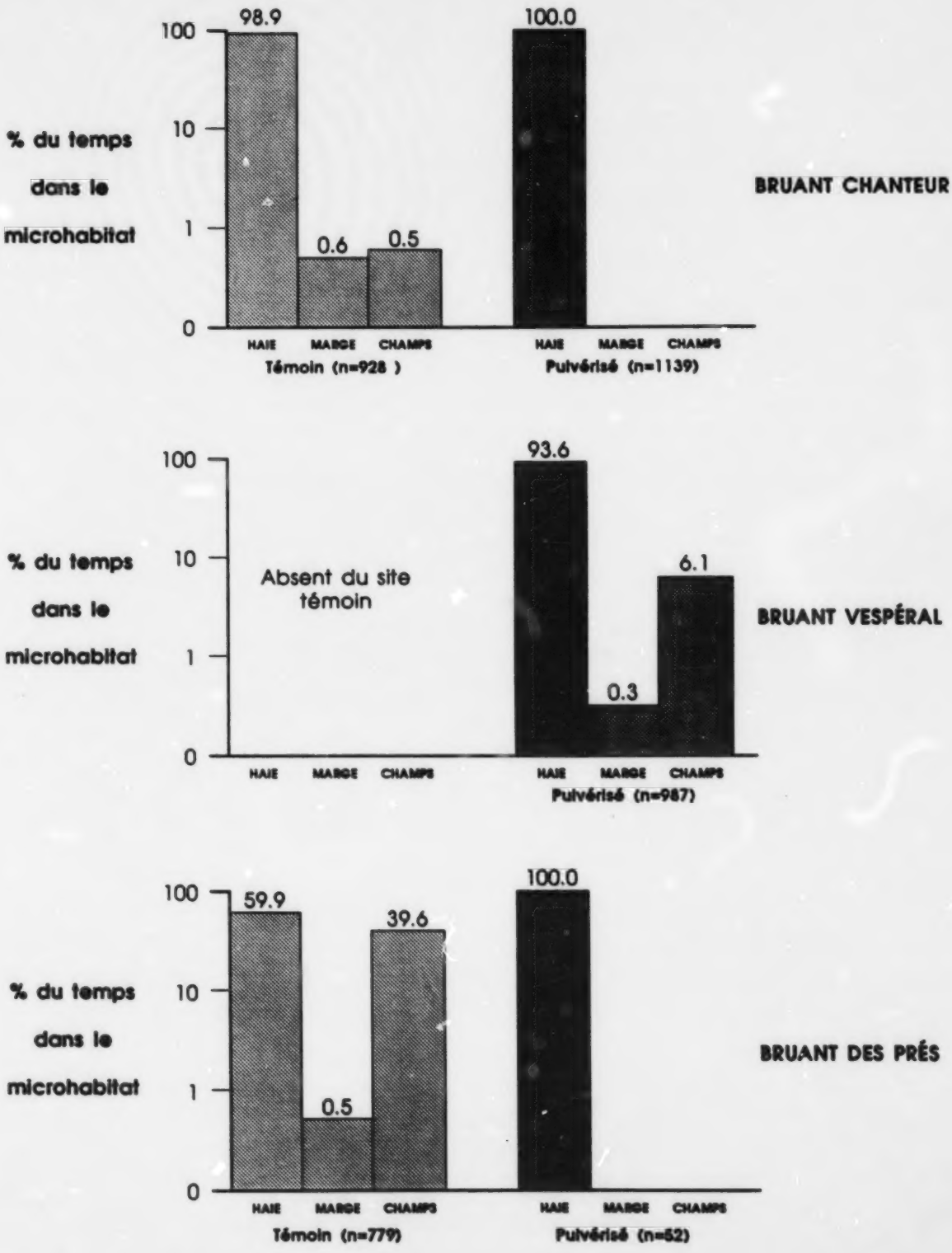
Le Bruant des prés a été peu observé au site pulvérisé. Les 52 minutes d'activité enregistrées pour cette espèce l'ont été dans les haies. Toutefois, le 11 juillet, nous avons observé le mâle du seul territoire répertorié en train de s'alimenter de larves de doryphores sur un plant de pommes de terre au milieu d'un champ traité quelques jours plus tôt. Il s'agit là de la seule observation confirmée dans cette étude d'un oiseau s'alimentant ainsi. Au site témoin, les Bruants des prés ont passé 40% de leur temps dans les champs; il s'agissait principalement de quelques mâles positionnés sur des postes de chant.

B) Comportements observés

Presque toute l'activité observée concerne des mâles territoriaux dans les haies. C'est ce qui explique que le comportement le plus fréquemment observé soit l'activité territoriale, c'est-à-dire l'activité de chant dans presque tous les cas (figure 10). Celle-ci représentait plus de 97% du temps d'observation pour les Bruants chanteurs, les Bruants vespéraux et les Bruants des prés, autant au site témoin qu'au site pulvérisé.

Figure 9

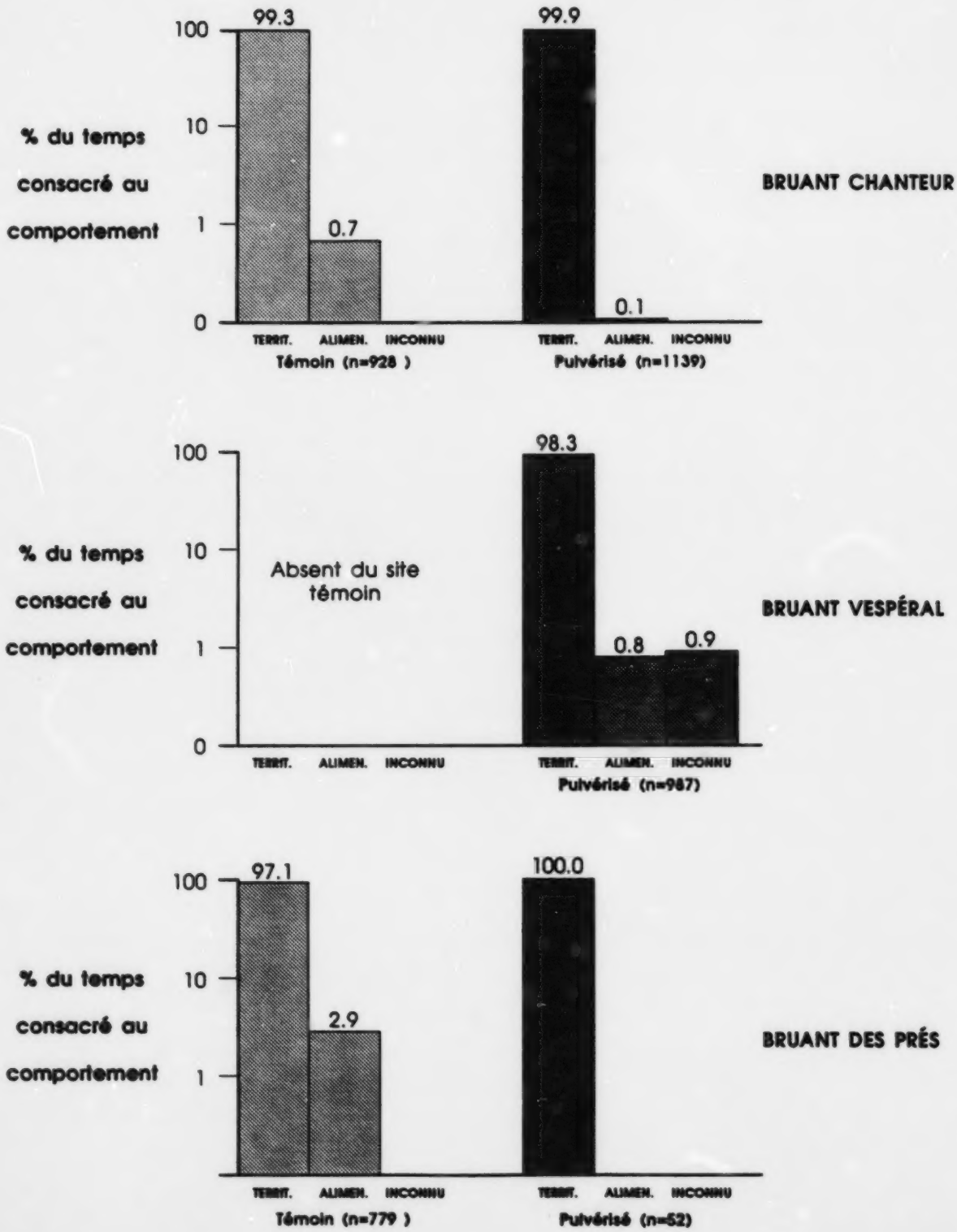
FRÉQUENTATION DES DIFFÉRENTS MICROHABITATS PAR LES TROIS PRINCIPALES ESPÈCES D'OISEAUX*



* La valeur n est égale au nombre de minutes d'activité noté sur le terrain. L'axe vertical est à une échelle logarithmique à base de 10 (les pourcentages non transformés sont indiqués au-dessus de chaque barre).

Figure 10

COMPORTEMENTS OBSERVÉS DES TROIS PRINCIPALES ESPÈCES D'OISEAUX*



* La valeur n est égale au nombre de minutes d'activité noté sur le terrain. L'axe vertical est à une échelle logarithmique à base de 10 (les pourcentages non transformés sont indiqués au-dessus de chaque barre). Les trois comportements considérés sont: activités territoriales, alimentation et inconnu.

5. DISCUSSION

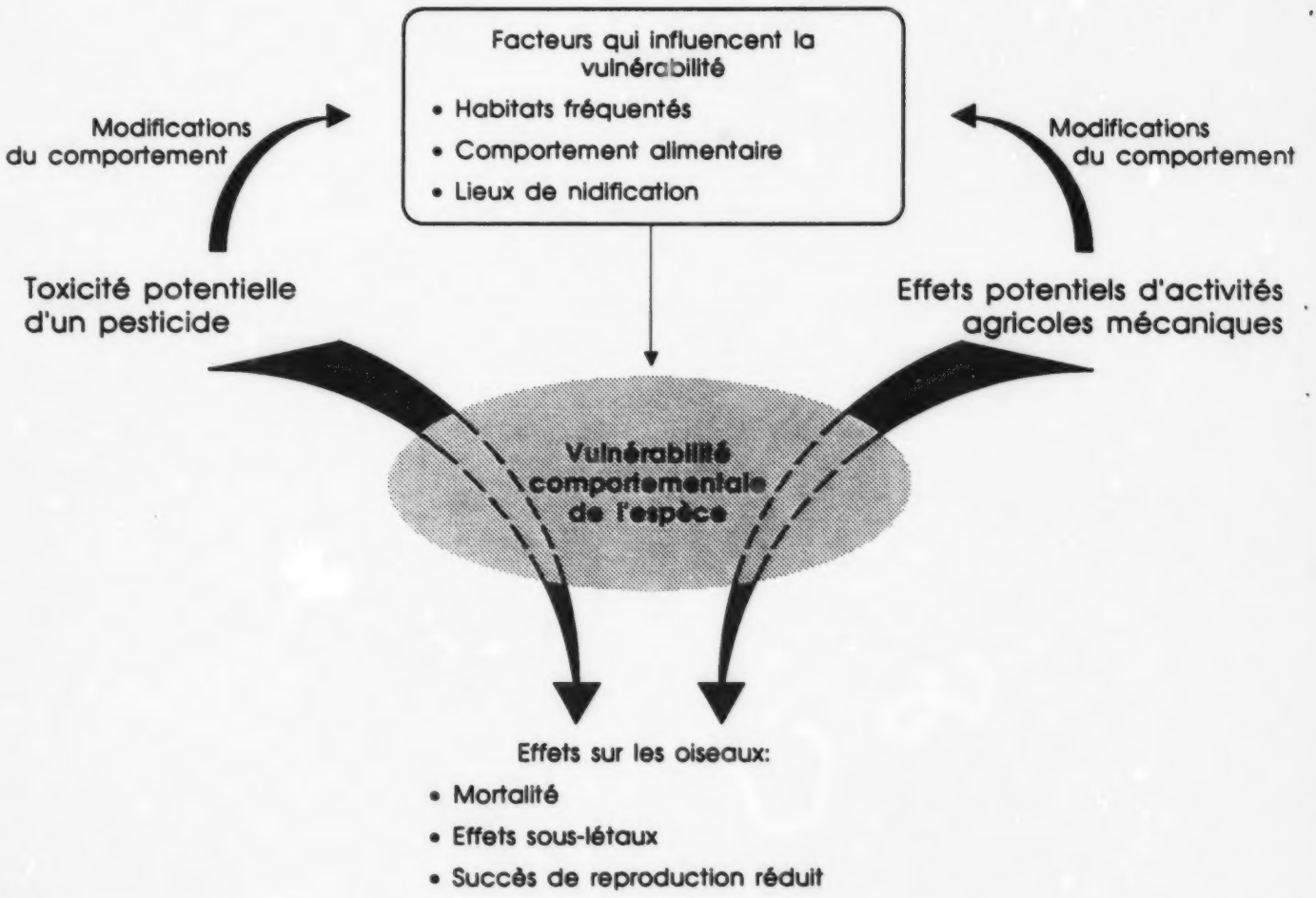
La littérature scientifique est riche de nombreuses études portant sur les effets des pesticides sur les oiseaux en milieu agricole. La plupart de ces études ont été effectuées en Angleterre, en Europe et aux États-Unis. Néanmoins, si l'on se fie à la parution récente de nombreux articles traitant des aspects méthodologiques, ce domaine est de toutes évidences en plein développement. Depuis 1987, il y a eu deux conférences majeures portant sur les méthodes à utiliser sur le terrain (Greaves *et al.*, 1988; Greig-Smith, 1989). Aux États-Unis, l'Environmental Protection Agency (E.P.A.) vient de publier un guide méthodologique d'études sur le terrain (Fite *et al.*, 1988) qui vise une approche fondamentalement différente, plus extensive et plus statistiquement rigoureuse que celle en usage en Europe.

Les difficultés rencontrées à bien cerner l'approche idéale, à concevoir des études de terrain et à interpréter les résultats réflètent l'énorme complexité des relations qui existent entre une population d'oiseaux et leur milieu naturel. La grande variété d'approches promulgées dans la littérature témoigne de la nécessité de reconnaître que les contextes d'étude sont très variables et qu'aucune méthode n'est universellement appropriée.

Le manque d'une vision globale de la problématique est une autre difficulté parfois rencontrée. Il apparaît donc essentiel d'avoir un modèle, aussi simpliste qu'il puisse être, des mécanismes par lesquels les activités agricoles peuvent affecter une population d'oiseaux. La figure 11 présente un modèle qui nous semble approprié pour le milieu agricole présentement à l'étude. Après une brève description de celui-ci, des exemples concrets seront présentés en utilisant des espèces étudiées dans la présente recherche.

FIGURE 11

IMPACTS ANTHROPIQUES SUR LES OISEAUX D'UN MILIEU AGRICOLE



Un élément important sinon essentiel de ce modèle est que l'impact réel d'un insecticide est fonction de la "vulnérabilité comportementale" de l'espèce. L'effet potentiel, quant à lui, tient compte de la toxicité de l'insecticide, la vulnérabilité physiologique de l'espèce, le niveau de bioconcentration, etc. (Kenaga, 1973; Grue *et al.*, 1983). Parfois, les études sur les effets des insecticides se concentrent sur la toxicité potentielle sans reconnaître de façon explicite que l'effet potentiel peut être réduit, éliminé ou même accru selon la vulnérabilité comportementale de l'espèce en question.

La vulnérabilité d'une espèce est évidemment difficilement quantifiable et fonction de multiples facteurs, mais elle repose surtout sur les habitats fréquentés, le comportement alimentaire et la nidification. Un bon exemple est le cas rapporté par Blus *et al.*, (1989) de la mort de dizaines de Gélinottes des armoises suite aux arrosages des champs de pommes de terre au diméthoate et au méthamidophos[1]. Une étude par télémétrie a démontré que l'espèce en question fréquente souvent les champs et, qu'en plus, les gélinottes consomment le feuillage des plants de pommes de terre. A cause de son comportement alimentaire, la vulnérabilité de cette espèce est très élevée.

Deux sources d'impacts anthropiques sur les oiseaux en milieu agricole sont indiquées à la figure 11, soit l'emploi de pesticides et les activités agricoles mécaniques. Ces dernières activités peuvent comprendre les effets attribuables au passage des tracteurs, au taillage des haies (ou des arbres fruitiers d'un verger), au brûlage des haies, etc. Au Québec, il existe généralement peu d'information concernant l'impact des activités agricoles mécaniques sur la faune.

Finalement, nous voulons attirer l'attention sur le fait que les pulvérisations de pesticides et d'autres pratiques agricoles exercent un effet important sur plusieurs aspects du comportement des oiseaux sans qu'il s'agisse d'impacts comme tels. Par exemple, les pesticides peuvent être

---

(1)Le méthamidophos est fréquemment utilisé sur les champs de pommes de terre à Pont-Rouge mais aucun cas de mortalité n'a jamais été rapporté (P. Pagé, comm. pers.)

responsables d'une modification des habitudes alimentaires des oiseaux à cause d'effets sur la comestibilité des proies. Ainsi, Bennett (1989) a démontré une capacité chez le Colin de Virginie à détecter le chlorpyrifos dans leur nourriture à des concentrations sous-létales.

Il est à noter que l'importance de ce phénomène est probablement fonction de la disponibilité de d'autres sources de nourriture. Le développement d'une aversion aux proies contaminées peut en effet dépendre de l'existence de sources alternatives (Bennett, 1989). Des études plus poussées sur le terrain et en laboratoire seraient nécessaires pour répondre à ces questions.

En somme, les pulvérisations causent un impact sur les oiseaux qui est fonction de leur vulnérabilité comportementale mais, en même temps, les pulvérisations peuvent modifier les comportements qui eux, déterminent la vulnérabilité de l'espèce.

5.1 Effets des activités agricoles sur le Bruant chanteur

Cette étude ne nous a pas permis d'identifier d'effets négatifs sur le Bruant chanteur (tableau 3). Quoiqu'il soit également impossible d'affirmer l'absence d'un effet, nous sommes d'avis que la population de cette espèce n'a pas subi d'impacts significatifs au cours de l'étude. Puisqu'il s'agit d'une population régulièrement exposée à un pesticide potentiellement très toxique, on pourrait présumer que la vulnérabilité comportementale de l'espèce est réduite de façon importante (figure 12).

Les observations du comportement de l'espèce ont permis d'identifier les causes de cette vulnérabilité réduite. Il s'agit en effet d'une espèce presque exclusivement confinée aux haies. A cause du phénomène de la dérive, par lequel les habitats adjacents aux champs pourraient être contaminés par un insecticide, on ne peut présumer qu'elle soit pour autant à l'abri de tout contact avec l'insecticide, mais le risque d'exposition est tout de même réduit de beaucoup. D'ailleurs, il a été constaté que lors de l'arrosage aérien du 13 juillet, aucune gouttelette de l'insecticide ne semble pénétrer jusqu'au sol à l'intérieur de la haie (données non présentées provenant d'une expérience-pilote).

Tableau 3

RÉSULTATS SOMMAIRES DES MESURES D'EFFETS ANTHROPIQUES SUR LE BRUANT CHANTEUR ET LE BRUANT VESPÉRAL

ESPÈCES	Coefficient d'activité	Taux de capture dans les filets	Survie d'individus reconnaissables	Constance des territoires	Activité de la cholinestérase	
					Cerveaux	Sang
Bruant chanteur	Non	Non	?	Non	Oui?	Non
Bruant vespéral	Oui	Oui	Non	Non	N/D	Non

FIGURE 12

IMPACTS ANTHROPIQUES SUR LES BRUANTS CHANTEURS FRÉQUENTANT LES CHAMPS DE POMMES DE TERRE

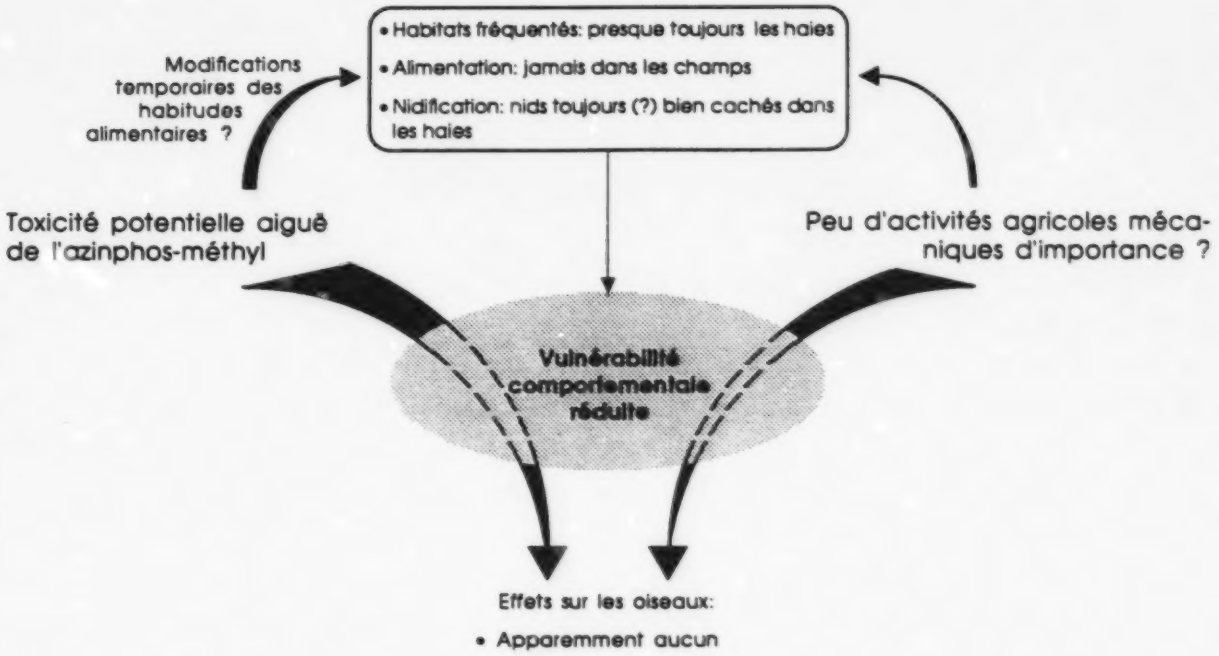
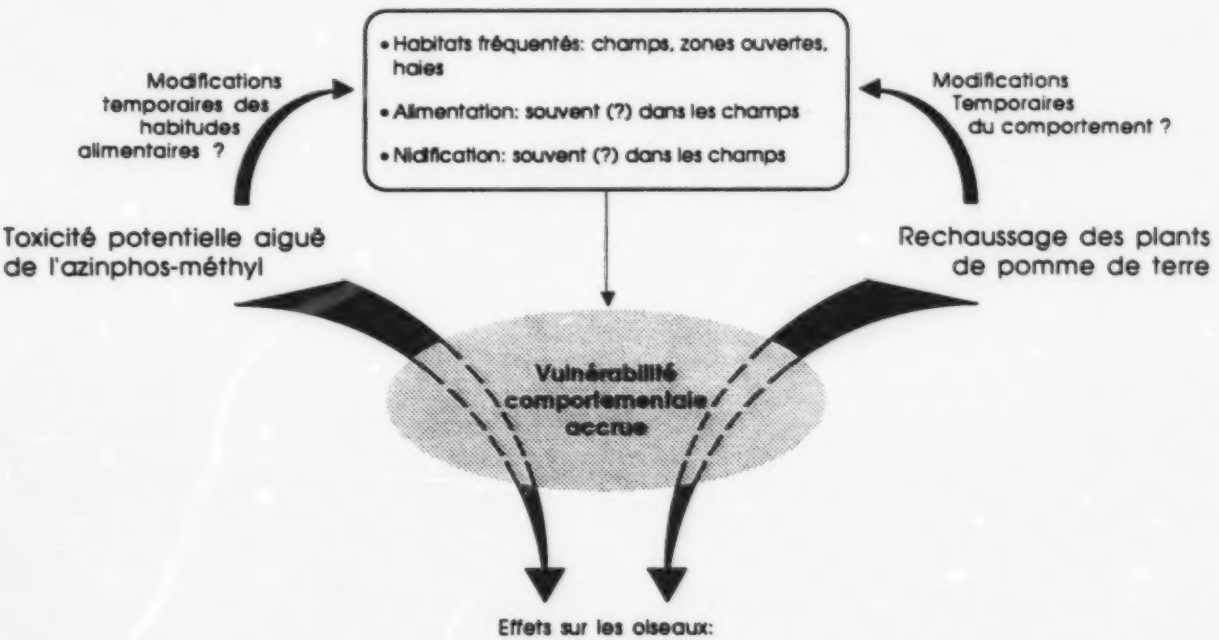


FIGURE 13

IMPACTS ANTHROPIQUES SUR LES BRUANTS VESPÉRAUX FRÉQUENTANT LES CHAMPS DE POMMES DE TERRE



Il n'y a pas eu identification de pratiques agricoles mécaniques qui auraient pu agir sur les Bruants chanteurs ou affecter leur comportement de façon importante. Le fait même que le Bruant chanteur soit une des espèces les plus fréquentes en milieu agricole au Québec (Falardeau et Des-Granges, ms), indique que l'espèce s'est bien adaptée aux pratiques agricoles couramment employées.

L'évaluation de l'effet des pulvérisations sur le comportement de l'espèce a été faite en comparant les observations effectuées au site témoin avec celles faites dans les champs pulvérisés. Le fait d'utiliser plus fréquemment les champs au site témoin pourrait indiquer que les arrosages amènent l'espèce à les éviter. Dans notre cas, le Bruant chanteur ne fréquente que très peu les champs au site témoin et laisse croire que l'effet appréhendé des pulvérisations ne s'est pas manifesté.

5.2 Effets des activités agricoles sur le Bruant vespéral

Tout comme pour le Bruant chanteur, aucun effet attribuable aux activités agricoles n'a été identifié avec certitude pour le Bruant vespéral. Tout au plus, une baisse de l'activité de l'espèce a été constatée vers la fin de l'étude (tableau 3).

Cependant, à première vue, la vulnérabilité comportementale de cette espèce devrait être plus élevée que celle du Bruant chanteur (figure 13). Le Bruant vespéral est une espèce qui fréquente les lieux ouverts et qui niche dans les champs agricoles (Rodenhouse et Best, 1983). D'une part, son comportement alimentaire risque d'accroître son niveau d'exposition aux proies contaminées; d'autre part, son comportement de nidification le rend vulnérable aux arrosages et aux activités agricoles mécaniques. L'activité mécanique la plus importante constatée dans cette étude est l'opération de rechaussage des plants de pommes de terre qui a eu lieu entre le 22 et le 26 juin.

Cette espèce s'alimente probablement dans les champs mais aucune observation ne l'a confirmé (les quelques individus vus s'alimentant l'ont été dans les chemins en bordure des champs). Possiblement, les individus de cette espèce vont dans les zones ouvertes adjacentes aux champs pour s'a-

limenter. Des études plus poussées, probablement avec l'aide de la télémétrie, seraient nécessaires pour préciser l'utilisation des champs par cette espèce.

Tout comme pour le Bruant chanteur, l'effet des pulvérisations sur le comportement de l'espèce reste inconnue. Il est possible que la modification des habitudes alimentaires soit un phénomène plus important pour cette espèce, étant donnée qu'elle est plus portée à fréquenter les champs. Des études sur la comestibilité de la nourriture contaminée avec l'azinphos-méthyl, telles qu'effectuées par Bennett (1989), seraient nécessaires pour le confirmer.

Dans une étude approfondie du Bruant vespéral en milieu agricole en Iowa, Rodenhouse et Best (1983) ont montré que l'espèce niche de préférence dans les champs ouverts, en dépit de la présence de haies en bordure des champs. Dans ces champs, les nids ont subi un taux de destruction très élevé à cause surtout des activités agricoles.

Quoique aucun nid n'ait été trouvé au site d'étude de Pont-Rouge, il n'est pas exclu que, tout comme en Iowa, une partie de la population des Bruants vespéraux résidant à notre site d'étude nichait dans les champs. Cet habitat semble répondre très bien à leurs exigences écologiques, et ce, surtout en début de saison. Les pratiques agricoles, en occurrence le rechaussage des plants de pommes de terre vers la fin juin, pourrait avoir une grande signification pour cette espèce. En effet, il est plausible que presque tous les nids dans les champs soient détruits lors de cette opération. Ainsi, il est possible, du moins pour le site d'étude à Pont-Rouge, que la pratique de rechaussage des plants de pommes de terre soit plus néfaste pour cette espèce que les pulvérisations d'insecticides. Seule une étude mettant l'accent sur la recherche de nids et le suivi de ceux-ci pourrait permettre de répondre de façon adéquate à cette question.

Si l'hypothèse d'un effet aussi important sur cette espèce devait être retenue, comment peut-on expliquer le maintien de la population locale? Rodenhouse et Best (1983) ont suggéré deux possibilités qui pourraient s'appliquer au site d'étude de Pont-Rouge. Premièrement, à une échelle

locale, les Bruants vespéraux nichant dans les champs agricoles pourraient représenter une population "déficitaire". Il se pourrait alors qu'un taux de reproduction élevé sur des sites plus favorables à l'extérieur des champs permettre un renouvellement constant et le maintien de la population.

La deuxième possibilité mentionnée par les auteurs fait référence au fait que les nids de cette espèce initiés plus tard dans la saison (souvent les deuxièmes nids) soient rarement construits dans les champs une fois que la végétation y soit devenue trop dense. Si un tel phénomène se produit dans les champs de pommes de terre, les deuxièmes nids devraient alors être construits en majorité à l'extérieur des champs. De tels emplacements seraient plus à l'abri des effets nocifs des insecticides ou des effets négatifs d'autres activités agricoles. Il est possible que l'espèce se maintienne, même dans un milieu si peu favorable, à cause d'un tel patron d'occupation du territoire.

5.3 Autres espèces

Le Bruant des prés est une espèce d'intérêt puisqu'au site témoin elle fréquentait régulièrement les champs maraîchers. Quelques observations du seul couple vu au site de Pont-Rouge semblent aussi indiquer une prédilection pour les champs. A notre avis, cette espèce était absente du site d'étude de Pont-Rouge largement à cause d'un manque d'habitat approprié (des superficies importantes de prés ou de champs herbacés). A d'autres sites, où cette espèce est plus commune, elle pourrait représenter un sujet d'intérêt pour des études concernant les effets des pesticides sur les oiseaux.

Quelques espèces ont été vues s'alimentant des fruits dans les haies, notamment le Jaseur des cèdres et le Merle d'Amérique. Bien que nos données soient fragmentaires sur ces espèces, il se pourrait que cette habitude alimentaire augmente de façon importante leur vulnérabilité comportementale face aux arrosages.

La plupart des autres espèces observées au site exposé aux pesticides (voir l'annexe 2) sont, à première vue, peu vulnérables aux arrosages.

Aucune espèce ne fréquentait les champs de pommes de terre ou n'était présente régulièrement dans les haies.

5.4 Effets au niveau de la population

Les études sur les pesticides en milieu agricole s'intéressent rarement aux conséquences sur les populations. L'identification des tendances et surtout des relations de cause à effet devient problématique quoique faisable dans certains cas. Par exemple, en Angleterre la diminution du nombre de certaines espèces d'oiseaux, tel le Pigeon colombin, a été reliée de façon convaincante à l'utilisation des pesticides en milieu agricole (O'Connor et Mead, 1984).

Les études en Amérique du Nord n'ont pas identifié de baisse de la population d'une espèce d'oiseau qui peut être attribuée à l'usage de pesticides de la famille des organophosphorés (Grue *et al.*, 1983). Cependant, Falardeau et DesGranges (ms) ont signalé des déclins significatifs du Bruant vespéral et du Bruant des prés au Québec depuis 1970 basés sur une analyse des données des recensements d'oiseaux nicheurs ("Breeding Bird Surveys"). Les auteurs suggèrent que les pratiques agricoles, comprenant l'utilisation des pesticides, pourraient être impliquées dans ces déclins de population.

Le but de cette étude n'était pas de fournir des explications pour ces baisses apparentes. Cependant, au cas où ces tendances à la baisse devaient se maintenir, il faudra le plus tôt possible comprendre le rôle joué par les pesticides et les pratiques agricoles et suggérer les moyens pour réduire leurs impacts. Pour cela, il ne serait pas suffisant de démontrer des effets sur les oiseaux fréquentant quelques champs mais plutôt d'obtenir des données sur une plus grande échelle. Par exemple, il faudrait connaître l'importance relative des différents types de cultures, des milieux agricoles versus non agricoles et la dynamique des populations vulnérables.

6. CONCLUSION

Pour la majorité des espèces et le Bruant chanteur en particulier, il ne semble pas y avoir d'impacts importants causés par les arrosages à l'azinphos-méthyl dans les champs de pommes de terre. Cette étude a permis d'améliorer nos connaissances sur certains des comportements du Bruant chanteur qui contribuent à diminuer sa vulnérabilité face à la pulvérisation de pesticides. Le comportement alimentaire et l'utilisation des haies comptent parmi les facteurs les plus importants à cet égard. Toutefois, étant donné l'importance des haies dans le milieu étudié, on ne peut exclure la possibilité d'un impact plus important dans d'autres champs semblables mais sans haie, ou avec des haies beaucoup plus exposées à la dérive des insecticides.

Nous avons noté une baisse d'activité des adultes Bruants vespéraux mais les résultats des autres parties de l'étude n'ont pu confirmer que les insecticides causent des préjudices à cette espèce. Il se peut cependant, que la pratique de rechaussage des plants de pommes de terre cause davantage de torts à cette espèce que les insecticides eux-mêmes. Le comportement du Bruant vespéral le rend plus vulnérable aux effets des insecticides que le Bruant chanteur. En effet, cette espèce a tendance à fréquenter et à nicher préférentiellement dans les lieux ouverts tels les champs agricoles. Aussi, il se peut que les effets des pesticides soient plus évidents lorsqu'il n'y a pas de rechaussage des plants de pommes de terre, une activité susceptible de détruire plusieurs nids de Bruant vespéral.

BIBLIOGRAPHIE

AMERICAN ORNITHOLOGISTS'UNION. 1983. **Check-list of North American birds, 6th Edition.** Washington, D.C., American Ornithologists' Union.

ANDERSON, C.A. *et al.* (14 AUTEURS). 1974. **Guthion (azinphosmethyl): organophosporus insecticide.** Residue Rev. 51: 123-180.

ARCESE, P. 1989. **Intrasexual competition, mating system and natal dispersal in song sparrows.** Anim. Behav. 38: 958-979.

ARGENTINE, J.A., J.M. CLARK et D.N. FERRO. 1989. **Genetics and synergism of resistance to azinphosmethyl and permethrin in the Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae).** J. Econ. Ent. 82 (3): 698-705.

BENNETT, R.S. 1989. **Role of dietary choices in the ability of Bobwhite to discriminate between insecticide-treated and untreated food.** Environmental Toxicology and Chemistry 8: 731-738.

BLUS, L.J., C.S. STANLEY, C.J. HENNY, G.W. PENDLETON, T.H. CRAIG, E.H. CRAIG et D.K. HALFORD. 1989. **Effects of organophosphorus insecticides on Sage Grouse in south-eastern Idaho.** J. Wildl. Mgmt. 53 (4): 1139-1146.

BOUDIER, H. 1988. **Profil socio-économique et utilisation des pesticides chez les producteurs utilisant les méthodes conventionnelles, la lutte intégrée et l'agriculture écologique: le cas des producteurs de fruits et légumes au Québec.** Rapport présenté à Environnement Canada par Aserne Consultant enr.

COSSETTE, D., I. GIROUX, R. POULIN et coll. 1988. **Recueil des principaux pesticides en usage au Québec.** Trois volumes. Québec, Rapport confidentiel préparé par SAGE Ltée pour Environnement Canada.

CUSTER, T.W. et C.A. MITCHELL. 1987. **Exposure to insecticides of brushland wildlife within the Lower Rio Grande Valley, Texas, USA.** Env. Poll. 45: 207-220.

EDWARDS, P.J. 1977. **"Re-invasion" by some farmland bird species following capture and removal.** Polish Ecological Studies 3: 53-70.

EDWARDS, P.J., S.M. BROWN, M.R. FLETCHER et P.I. STANLEY. 1979. **The use of a bird territory mapping method for detecting mortality following pesticide application.** Agro-Ecosystems 5: 271-282.

ELLMAN, G.L., K.D. COURTNEY, V. ANDRES, JR. et R.M. FEATHERSTONE. 1961. **A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity.** Biomedical Pharmacology 7: 88-95.

FALARDEAU, G. et J.-L. DESGRANGES. **Sélection de l'habitat et fluctuations récentes des populations d'oiseaux des milieux agricoles du Québec.** Manuscript.

FITE, E.C., L.W. TURNER, N.J. COOK et C. STUNKARD. 1988. **Guidance document for conducting terrestrial field studies.** Washington, D.C., United States Environmental Protection Agency, Ecological Effects Branch, Hazard Evaluation Division, Office of Pesticide Programs. 67 pages.

FULLER, R.J. 1984. **The distribution and feeding behaviour of breeding songbirds on cereal farmland at Manydown Farm, Hampshire, in 1984.** Tring, England, British Trust for Ornithology.

GRAHAM, D., POULIN, R. et J.-L. DESGRANGES. 1989. **Effets de l'arrosage de l'azinphos-méthyl, du malathion et du carbofuran sur les oiseaux nicheurs des pommeraies et des fraiseraies au Québec.** Québec, Rapport soumis par SAGE Ltée au Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec. 79 pages.

GREAVES, M.P., P.W. GREIG-SMITH et B.D. SMITH. 1988. **Field methods for the study of environmental effects of pesticides.** Thornton Heath, England, Proceedings of a Symposium organised by The British Crop Protection Council (BCPC Monograph No.40), held at Churchill College, UK 28th-30th March, 1988.

GREIG-SMITH, P. 1989. **Pesticides and wildlife - field testing.** Recommendations of an International Workshop on terrestrial field testing of pesticides. 29 pages.

GRUE, C.E., W.J. FLEMING, D.G. BUSBY et E.F. HILL. 1983. **Assessing hazards of organophosphate pesticides to wildlife.** Trans. N. Amer. Wild. Conf. 48: 200-220.

GRUE, C.E. et C.C. HUNTER. 1984. **Brain cholinesterase activity in fledgling starlings: implications for monitoring exposure of songbirds to ChE inhibitors.** Bull. Environ. Contam. Toxicol. 32: 282-289.

GRUE, C.E. *et al.* (10 AUTEURS). 1986. **Potential impacts of agricultural chemicals on waterfowl and other wildlife inhabiting prairie wetlands: an evaluation of research needs and approaches.** Trans. 51st N.A. Wild. Nat. Res. Conf. 357-383.

GUNTHER, F.A. 1969. **Insecticide residues in California citrus fruits and products.** Residue Reviews 28: 1-127.

HILL, E.F. 1988. **Brain cholinesterase activity of apparently normal wild birds.** J. Wild. Dis. 24: 51-61.

HILL, E.F. et W.J. FLEMING. 1982. **Anticholinesterase poisoning of birds: field monitoring and diagnosis of acute poisoning.** Environ. Toxicol. Chem. 1: 27-38.

HUDSON, R.J., R.K. TUCKER et M.A. HAEGELE. 1984. **Handbook of toxicity of pesticides to wildlife, Second Edition.** Washington, D.C., Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior, Resource Publication 153. 90 pages.

JOHNSON, E.V., G.K. MACK et D.Q. THOMPSON. 1976. **The effects of orchard pesticide applications on breeding robins.** Wilson Bulletin 88 (1): 16-35.

KARR, J.R. 1981. **Surveying birds with mist nets.** Stud. Avian Biology 6: 62-67.

KENAGA, E.E. 1973. **Factors to be considered in the evaluation of the toxicity of pesticides to birds in their environment.** Environ. Quality Safety 2: 166-181.

LACK, P.C. 1988. **Hedge intersections and breeding bird distribution in farmland.** Bird Study 35: 133-136.

MARTIN, A.D., G. NORMAN, P.I. STANLEY et G.E. WESTLAKE. 1981. **Use of reactivation techniques for the differential diagnosis of organophosphorus and carbamate pesticide poisoning in birds.** Bull. Env. Contam. Toxicol. 26: 775-780.

O'CONNOR, R.J. et C.J. MEAD. 1984. **The Stock Dove in Britain, 1930-1980.** British Birds 77: 181-201.

O'CONNOR, R.J. et M. SHRUBB. 1986. **Farming and birds.** New York, Cambridge University Press. 290 pages.

OSBORNE, P.E. 1984. **Bird numbers and habitat characteristics in farmland hedgerows.** J. Appl. Ecol. 21: 63-82.

OUELLET, H. et M. GOSSELIN. 1983. **Les noms français des oiseaux d'Amérique du Nord.** Ottawa, Musée national des Sciences naturelles, Musées nationaux du Canada (Syllogeus No 43). 36 pages.

PREE, D.J., K.P. BUTLER, E.R. KIMBALL et D.K.R. STEWART. 1976. **Persistence of foliar residues of dimethoate and azinphosmethyl and their toxicity to the apple maggot.** J. Econ. Entomol. 69: 473-478.

PUTERA, J.A., A. WOOLF et W.D. KLIMSTRA. 1985. **Mourning dove use of orchards in southern Illinois.** Wild. Soc. Bull. 13(4): 496-501.

RATTNER, B.A. 1982. **Diagnosis of anticholinesterase poisoning in birds: effects of environmental temperature and underfeeding on cholinesterase activity.** Environ. Toxicol. Chem. 1: 329-335.

RODENHOUSE, N.L. et L.B. BEST. 1983. **Breeding ecology of Vesper Sparrows in corn and soybean fields.** Am. Midl. Nat. 110(2): 265-272.

SCHAFER, E.W. 1972. **The acute oral toxicity of 369 pesticidal, pharmaceutical and other chemicals to wild birds.** Toxicol. Appl. Pharm. 21: 315-330.

SCHULZ, K.R., E.P. LICHTENSTEIN, T.T. LIANG et T.W. FUHREMANN. 1970. **Persistence and degradation of azinphosmethyl in soils, as affected by formulation and mode of application.** J. Econ. Entom. 64: 283-287.

SMITH, G.J. 1987. **Pesticide use and toxicology in relation to wildlife: organophosphorus and carbamate compounds.** Washington, D.C., U.S. Fish and Wildlife Service, Resource Publication 170. 171 pages.

STAIFF, D.C., S.W. COMER, J.F. ARMSTRONG et H.R. WOLFE., 1975. **Persistance of azinphosmethyl in soil.** Bull. Env. Contam. Toxicol. 13(3): 362-368.

THOMPSON, H.M., C.H. WALKER et A.R. HARDY. 1988. **Avian esterases as indicators of exposure to insecticides - the factor of diurnal variation.** Bull. Environ. Contam. Toxic. 41: 4-11.

TUCKER, R.K. et D.G. CRABTREE. 1970. **Handbook of toxicity of pesticides to wildlife.** U.S. Fixh Wild. Serv., Resource Publ. No. 84. 131 pages.

WALKER, C.H. et M.I. MACHNESS. 1987. **"A" esterases and their role in regulating the toxicity of organophosphates.** Arch. Toxicol. 60: 628-631.

WORTHING, C.R. et S.B. WALKER (EDS). 1987. **The Pesticide Manual: a world compendium.** Eighth Edition. Thornton Heath, England, British Crop Protection Council. 1081 pages.

ZORB, G.L. et C.T. BLACK. 1965. **Effects of diazinon and guthion on penned pheasants.** Pp. 85-86 in Annual Administrative Report (Patuxent Wildlife Research Centre). Laurel, Md, U.S. Fish and Wildlife Service.

A N N E X E 1

NOMS SCIENTIFIQUES, FRANÇAIS ET ANGLAIS DES ESPÈCES D'OISEAUX MENTIONNÉES DANS LE TEXTE

NOM SCIENTIFIQUE	NOM FRANÇAIS	NOM ANGLAIS
Anas platyrhynchos	Canard colvert	Mallard
Circus cyaneus	Busard Saint-Martin	Northern Harrier
Falco sparverius	Crecerelle d'Amérique	American Kestrel
Alectoris chukar	Perdrix choukar	Chukar
Phasianus colchicus	Faisan à collier	Ring-necked Pheasant
Centrocercus urophasianus	Gélinotte des armoises	Sage Grouse
Colinus virginianus	Colin de Virginie	Northern Bobwhite
Charadrius vociferus	Pluvier kildir	Killdeer
Larus sp.	Goéland sp.	Gull sp.
Columba oenas	Pigeon colombin	Stock Pigeon
Zenaida macroura	Tourterelle triste	Mourning Dove
Colaptes auratus	Pic flamboyant	Northern Flicker
Tachycineta bicolor	Hirondelle bicolore	Tree Swallow
Riparia riparia	Hirondelle de rivage	Bank Swallow
Cyanocitta cristata	Geai bleu	Blue Jay
Corvus brachyrhynchos	Corneille d'Amérique	American Crow
Parus atricapillus	Mésange à tête noire	Black-capped Chickadee
Sialis sialis	Merle-bleu de l'Est	Eastern Bluebird
Turdus migratorius	Merle d'Amérique	American Robin
Mimus polyglottos	Moqueur polyglotte	Northern Mockingbird
Toxostoma rufum	Moqueur roux	Brown Thrasher
Bombycilla cedrorum	Jaseur des cèdres	Cedar Waxwing
Sturnus vulgaris	Étourneau sansonnet	European Starling
Vireo olivaceus	Viréo aux yeux rouges	Red-eyed Vireo
Geothlypis trichas	Paruline masquée	Common Yellowthroat
Spizella passerina	Bruant familier	Chipping Sparrow
Pooecetes gramineus	Bruant vespéral	Vesper Sparrow
Passerculus sandwichensis	Bruant des prés	Savannah Sparrow
Melospiza melodia	Bruant chanteur	Song Sparrow
Zonotrichia albicollis	Bruant à gorge blanche	White-throated Sparrow
Dolichonyx oryzivorus	Goglu	Bobolink
Agelaius phoenicius	Carouge à épaulettes	Red-winged Blackbird
Quiscalus mexicanus	Grand Quiscale	Great-tailed Grackle
Q. quiscula	Quiscale bronzé	Common Grackle
Carpodacus purpureus	Roselin pourpré	Purple Finch
Carduelis tristis	Chardonneret jaune	American Goldfinch

Les noms français utilisés sont tirés de Ouellet et Gosselin (1983), tandis que les noms anglais et scientifiques sont de l'American Ornithologists' Union (1983) et ses suppléments.

A N N E X E 2

AVIFAUNE DU SITE D'ÉTUDE DE PONT-ROUGE

ESPÈCES	ABONDANCE	HABITATS FRÉQUENTÉS
Busard Saint-Martin	Peu commun	Air (survol)
Crécerelle d'Amérique	Rare	Air (survol)
Pluvier kildir	Rare	Air (survol)
Goéland sp.	Rare	Air (survol)
Tourterelle triste	Commun	Lisières
Pic flamboyant	Rare	Lisières
Hirondelle de rivage	Commun	Air (survol)
Hirondelle bicolore	Peu commun	Air (survol)
Geai bleu	Rare	Lisières
Corneille d'Amérique	Peu commun	Air (survol), bordure des champs (rarement)
Mésange à tête noire	Rare	Lisières
Merle-bleu de l'Est	Rare	Lisières
Merle d'Amérique	Peu commun	Lisières
Moqueur polyglotte	Rare	Lisières
Moqueur roux	Rare	Lisières
Jaseur des cèdres	Commun	Lisières
Étourneau sansonnet	Peu commun	Lisières
Viréo aux yeux rouges	Rare	Lisières
Paruline masquée	Peu commun	Lisières
Bruant familier	Peu commun	Lisières, champs (?)
Bruant vespéral	Commun	Lisières, champs
Bruant des prés	Rare	Lisières, champs
Bruant chanteur	Commun	Lisières
Bruant à gorge blanche	Rare	Lisières
Goglu	Rare	Lisières
Quiscale bronzé	Peu commun	Lisières
Roselin pourpré	Rare	Lisières
Chardonneret jaune	Rare	Lisières

ANNEXE 3

TERRITOIRE DES QUATRE ESPÈCES LES PLUS COMMUNES DU SITE D'ÉTUDE DE PONT-ROUGE

Se référer aux cartes pour la localisation des territoires du site d'étude à Pont-Rouge. Sur les cartes, chaque observation d'un mâle territorial est notée, de même que tous les individus capturés ou les oiseaux bagués revus. Les figures accompagnant les cartes permettent de suivre le déroulement des activités pour chaque territoire durant les quatre semaines d'étude.

Il est à noter que le peu d'oiseaux bagués ne permet pas d'établir avec certitude les limites des territoires, ni d'identifier avec certitude leurs détenteurs. Nous présentons, ci-après, un bref historique de chaque territoire selon les données disponibles.

BRUANT CHANTEUR

Le Bruant chanteur était l'espèce la plus commune au site d'étude, où nous avons identifié dix territoires ayant une superficie moyenne d'environ 1,5 ha.

Territoire 1

Le mâle de ce territoire a été capturé et bagué le 21 juin. Il fut revu une fois par la suite dans le même territoire et a été recapturé une fois dans un territoire adjacent. Les observations de mâles territoriaux dans ce territoire ont été faites jusqu'à la fin de l'étude. Un adulte non bagué de sexe inconnu fut capturé dans le territoire le 14 juillet.

Territoire 2

Ni le mâle, ni la femelle de ce territoire n'ont été bagués. Le mâle était toujours présent à la fin de l'étude.

Territoire 3

Le mâle qui chantait dans ce territoire le 24 juin portait une bague indiquant qu'il a été capturé deux jours avant, à près de 500 m plus au sud. Ce mâle, ou un autre, fut présent jusqu'à la quatrième semaine. Un Bruant chanteur (individu de sexe inconnu qui s'est échappé du filet) a été capturé dans le territoire le 14 juillet.

Territoire 4

Le mâle et la femelle de ce territoire ont été capturés et bagués lors de la première semaine. La femelle n'a pas été revue, mais le mâle fut capturé deux fois par la suite, soit le 27 juin pour un prélèvement de sang, puis quelques heures plus tard. Le territoire était inoccupé les troisième et quatrième semaines.

Territoire 5

Le peu d'observations dans ce territoire a tout de même permis d'identifier la présence d'un mâle territorial jusqu'à la deuxième semaine de l'étude.

Territoire 6

Un mâle et un deuxième adulte, possiblement la femelle du territoire 6, ont été bagués sur ce territoire. La femelle a été possiblement revue le lendemain de sa capture. Un mâle est demeuré sur le territoire jusqu'à la fin de l'étude.

Territoire 7

Ce mâle, ou un autre, fut aperçu à plusieurs reprises, mais n'a pas été bagué. Il a occupé les mêmes postes de chant jusqu'à la fin de l'étude. Une femelle capturée dans ce territoire le 21 juin n'a jamais été revue

par la suite. Un jeune a été capturé le 14 juillet à la limite de ce territoire et le territoire no 8.

Territoire 8

Le mâle de ce territoire n'a pas été bagué, mais fut observé régulièrement jusqu'à la troisième semaine. Un adulte et un jeune ont été capturés au centre du territoire le 13 juillet.

Territoire 9

Les adultes de ce territoire n'ont pas été bagués. Un mâle a occupé le territoire jusqu'à la quatrième semaine de l'étude. Un jeune Bruant chanteur a été capturé dans le territoire le 14 juillet.

Territoire 10

Le mâle de ce territoire a été capturé et bagué le 20 juin. Il a été revu une semaine après. Un mâle, possiblement le même individu, a été observé jusqu'à la troisième semaine de l'étude.

BRUANT VESPÉRAL

Dans la zone d'étude, le Bruant vespéral était la deuxième espèce la plus commune. Neuf territoires ont été clairement identifiés, ayant une superficie moyenne d'environ 1,5 ha.

Territoire 1

Les adultes de ce territoire n'ont pas été bagués. Un mâle a occupé les lieux durant les trois premières semaines.

Territoire 2

Le mâle de ce territoire fut capturé et bagué le 21 juin. Cet individu fut recapturé le 14 juillet et semblait de toute évidence en bonne santé. Un autre mâle, d'origine inconnue, a été capturé le 27 juin en bordure de ce territoire.

Territoire 3

Un mâle était présent sur le territoire pour toute la durée de l'étude. Il n'a pas été bagué.

Territoire 4

Nous n'avons que peu d'observations du mâle de ce territoire qui a semblé disparaître après la deuxième semaine.

Territoire 5

Le mâle et la femelle furent bagués le 28 juin et ont chacun subi un prélèvement de sang. Le mâle fut probablement revu une semaine plus tard au milieu du territoire 6 adjacent et définitivement revu sur son territoire le 11 juillet. La femelle a été revue le 14 juillet.

Territoire 6

De nombreuses observations d'un mâle sur ce territoire lors des quatre semaines de l'étude ont permis de bien le délimiter. Cependant, l'individu n'a pas été bagué, et on ne peut donc affirmer qu'il s'agissait toujours du même individu.

Territoire 7

Lors de la première semaine, ce territoire était défendu par un mâle différent de celui du territoire no 6. Un mâle, capturé le 21 juin dans le territoire no 6, était possiblement le détenteur du territoire no 7. Le territoire semble avoir été abandonné à partir de la deuxième semaine.

Territoire 8

Le mâle bagué vu le 23 juin dans ce territoire était probablement le mâle résidant. Un mâle est demeuré sur ce territoire jusqu'à au moins la troisième semaine.

Territoire 9

Ce territoire empiétait à peine sur la zone d'étude. Un mâle était observé sur le territoire lors de la deuxième et de la troisième semaine.

BRUANT DES PRÉS

De toute évidence, cette espèce est peu commune au site d'étude de Pont-Rouge. Dans la zone sous observation, un seul territoire a été identifié. La femelle de ce territoire fut baguée le 20 juin, mais n'a jamais été revue par la suite. Les observations d'un mâle territorial ont été effectuées de la deuxième semaine jusqu'à la quatrième semaine, indiquant ainsi une certaine stabilité au niveau de l'occupation du territoire.

Le mâle en question est le seul individu ayant été vu en train de consommer des larves de doryphores. Cette observation, effectuée le 11 juillet, suivait de sept jours la dernière pulvérisation à l'azinphos-méthyl. Un individu, vraisemblablement un mâle, fut revu le 13 juillet, soit deux jours plus tard.

BRUANT FAMILIER

Cette espèce était peu commune au site d'étude, sans doute à cause d'un manque d'habitat approprié. Seulement trois territoires furent localisés.

Territoire 1

La femelle du territoire est morte le 28 juin suite à un prélèvement de sang. Aucun Bruant familier ne fut revu dans ce territoire par la suite.

Territoire 2

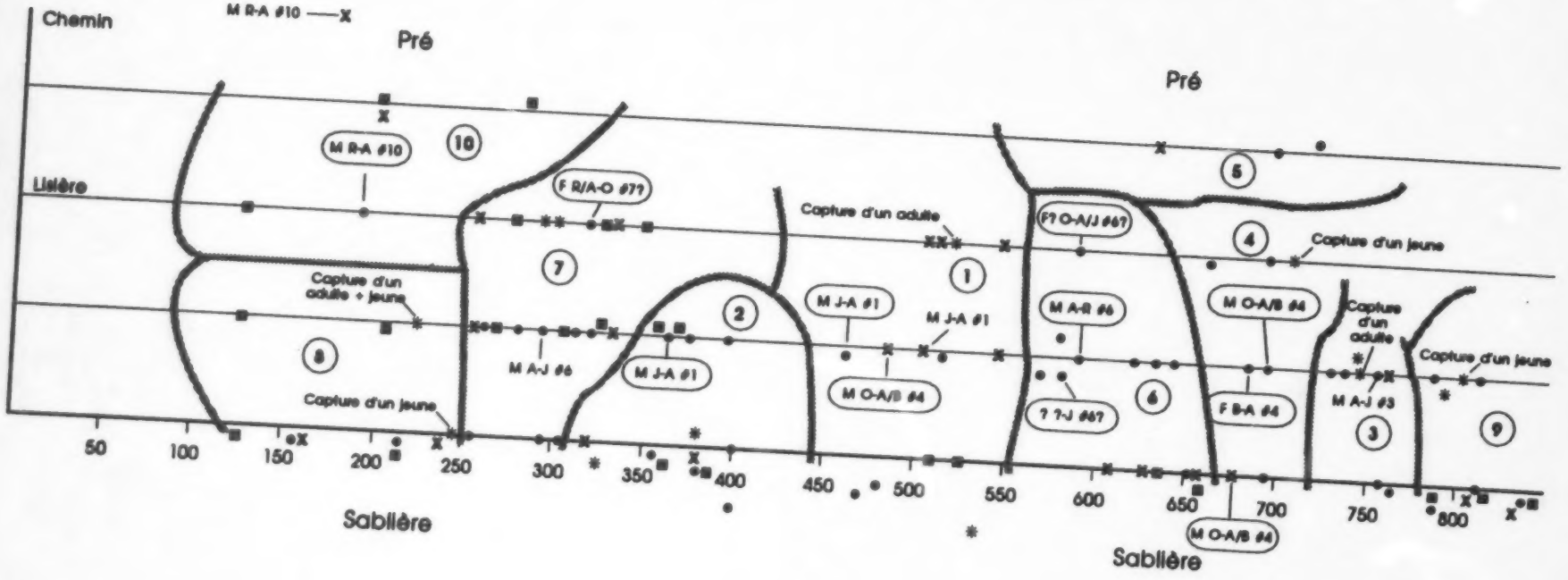
Le mâle était présent jusqu'à la troisième semaine.

Territoire 3

Seules les observations en date du 26 juin, d'un adulte différent de l'adulte du territoire no 2, indique l'existence possible de ce territoire. L'adulte était accompagné d'un jeune.

FIGURE 3-1

TERRITOIRES D'UNE POPULATION DE BRUANT CHANTEUR FRÉQUENTANT LES CHAMPS DE POMMES DE TERRE



LÉGENDE

Observations de mâles territoriaux

- Semaine du 19 juin 1989
- Semaine du 26 juin 1989
- Semaine du 3 juillet 1989
- Semaine du 13 juillet 1989

Limite entre territoires

M B-A # 3 — Sexe, identité et territoire d'appartenance d'un oiseau capturé

M B-A # 3 — Sexe, identité et territoire d'appartenance d'un individu reconnaissable revu sur le terrain

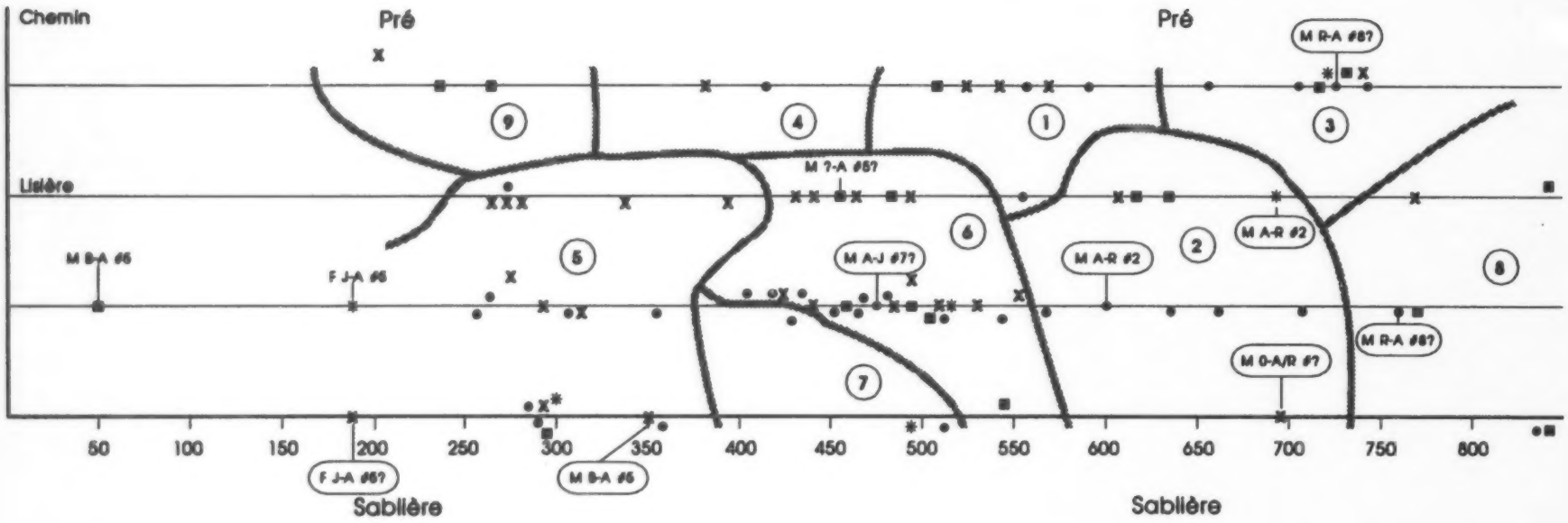
10 — Identité du territoire

0 50 m

N

FIGURE 3-2

TERRITOIRES D'UNE POPULATION DE BRUANT VESPÉRAL FRÉQUENTANT LES CHAMPS DE POMMES DE TERRE



LÉGENDE

Observations de mâles territoriaux

- • Semaine du 19 juin 1989
- x Semaine du 26 juin 1989
- ■ Semaine du 3 juillet 1989
- * Semaine du 13 juillet 1989

Limite entre territoires

M B-A # 3 — Sexe, identité et territoire d'appartenance d'un oiseau capturé

M B-A # 3 — Sexe, identité et territoire d'appartenance d'un individu reconnaissable revu sur le terrain

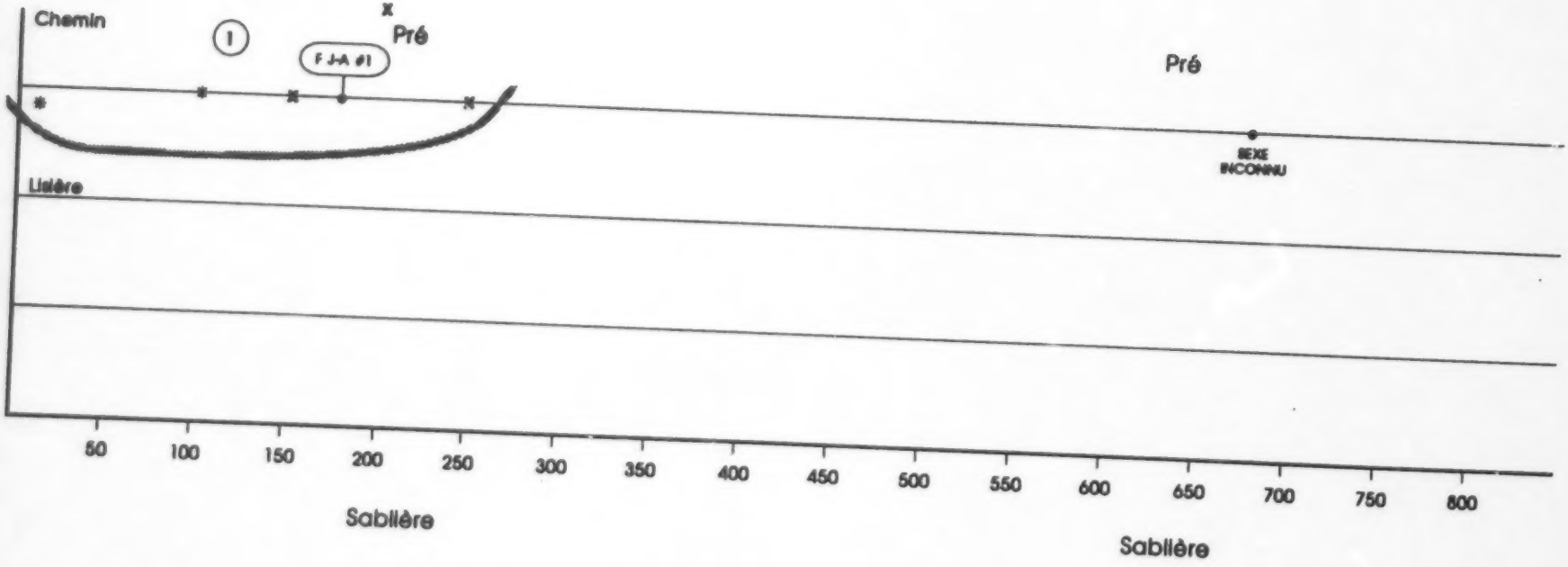
(10) — Identité du territoire

0 50 m

N

FIGURE 3-3

TERRITOIRES D'UNE POPULATION DE BRUANT DES PRÉS FRÉQUENTANT LES CHAMPS DE POMMES DE TERRE



LÉGENDE

Observations de mâles territoriaux

- • Semaine du 19 juin 1989
- x Semaine du 26 juin 1989
- ■ Semaine du 3 juillet 1989
- * Semaine du 13 juillet 1989

Limite entre territoires

M B-A # 3 — Sexe, identité et territoire d'appartenance d'un oiseau capturé

M B-A # 3 — Sexe, identité et territoire d'appartenance d'un individu reconnaissable revu sur le terrain

(10) — Identité du territoire

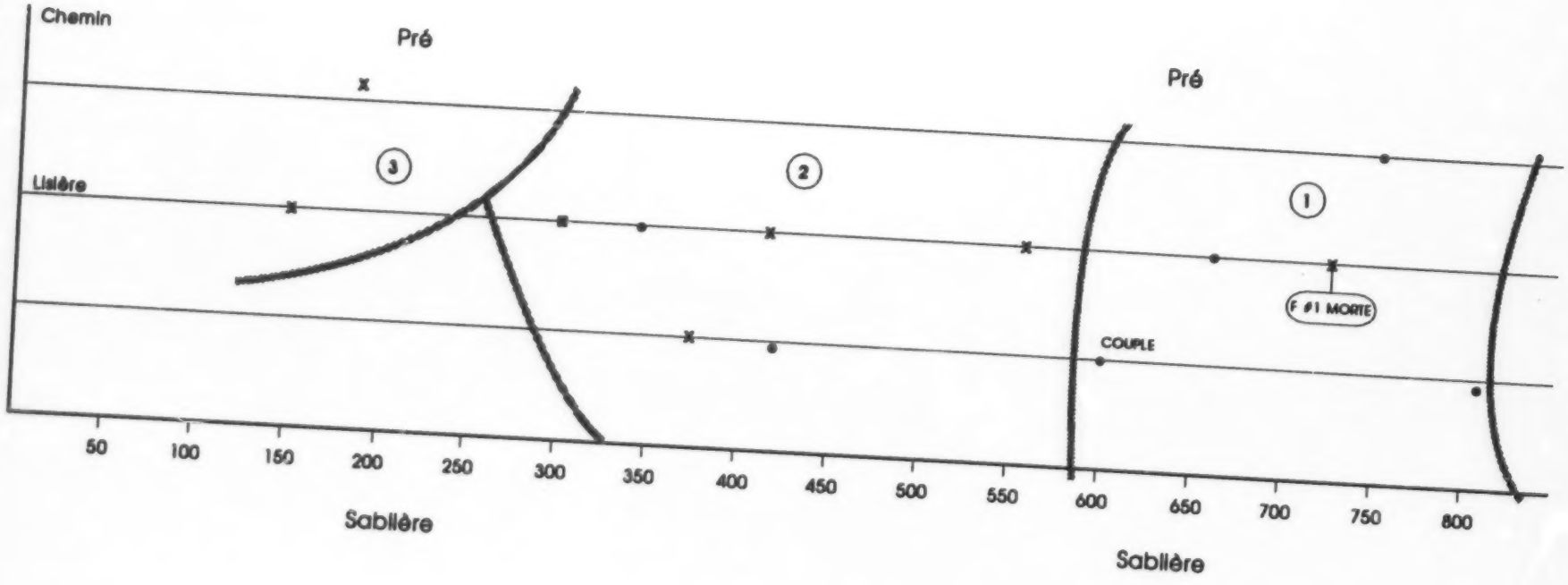
0 50 m

N

/60

FIGURE 3-4

TERRITOIRES D'UNE POPULATION DE BRUANT FAMILIER FRÉQUENTANT LES CHAMPS DE POMMES DE TERRE



LÉGENDE

Observations de mâles territoriaux

- • Semaine du 19 juin 1989
- x Semaine du 26 juin 1989
- = Semaine du 3 juillet 1989
- * Semaine du 13 juillet 1989

Limite entre territoires

M B-A # 3 — Sexe, identité et territoire d'appartenance d'un oiseau capturé

M B-A # 3 — Sexe, identité et territoire d'appartenance d'un individu reconnaissable revu sur le terrain

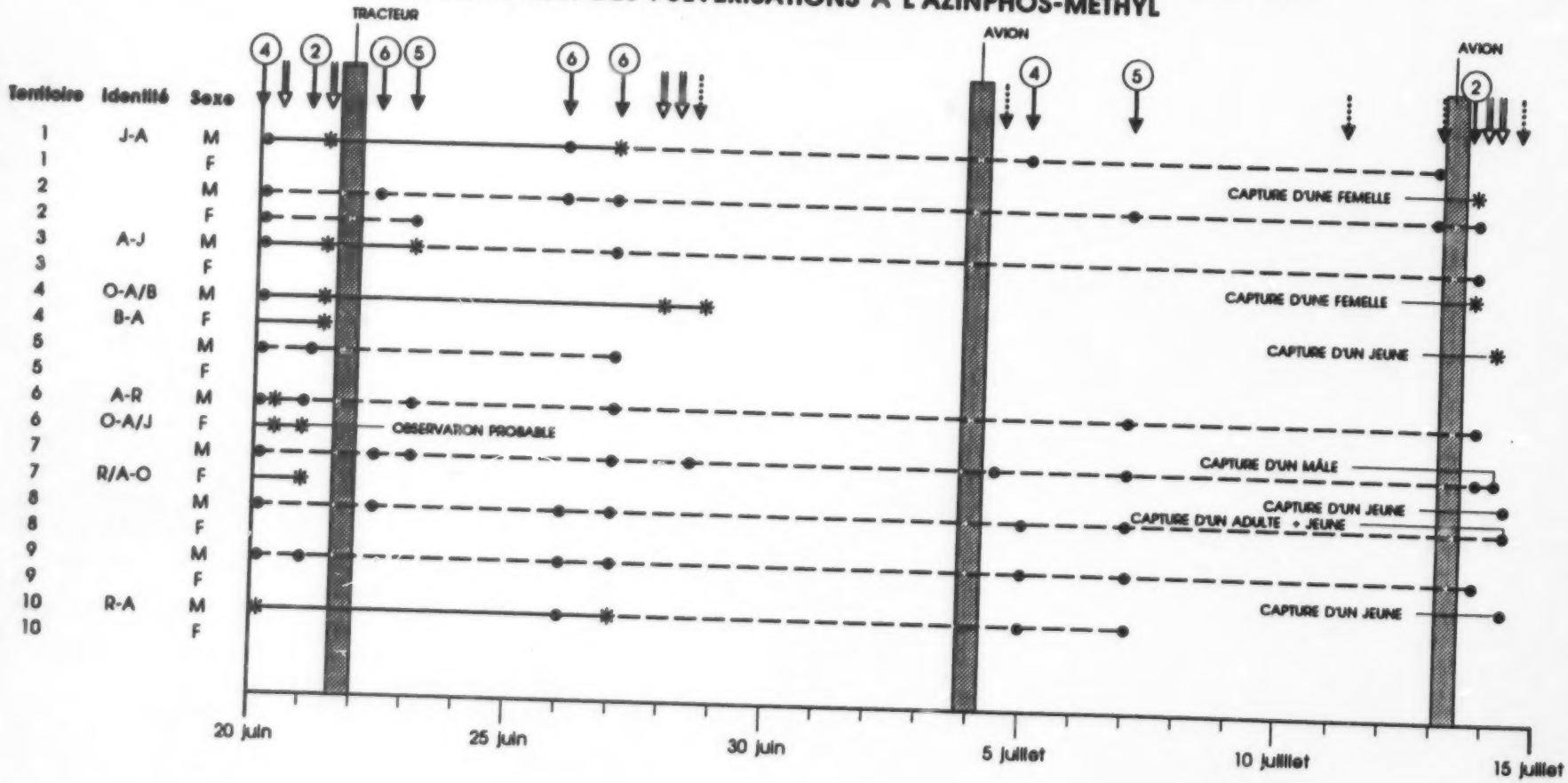
(10) — Identité du territoire

0 50 m

N

FIGURE 3-5

SUIVI DES INDIVIDUS RECONNAISSABLES ET DES TERRITOIRES DU BRUANT CHANTEUR EN FONCTION DES PULVÉRISATIONS À L'AZINPHOS-MÉTHYL



LÉGENDE

Interventions des observateurs et pulvérisations

(2) — Nombre d'heures

Périodes d'observation

Observations non systématiques

Captures d'oiseaux

Pulvérisation à l'azinphos-méthyl

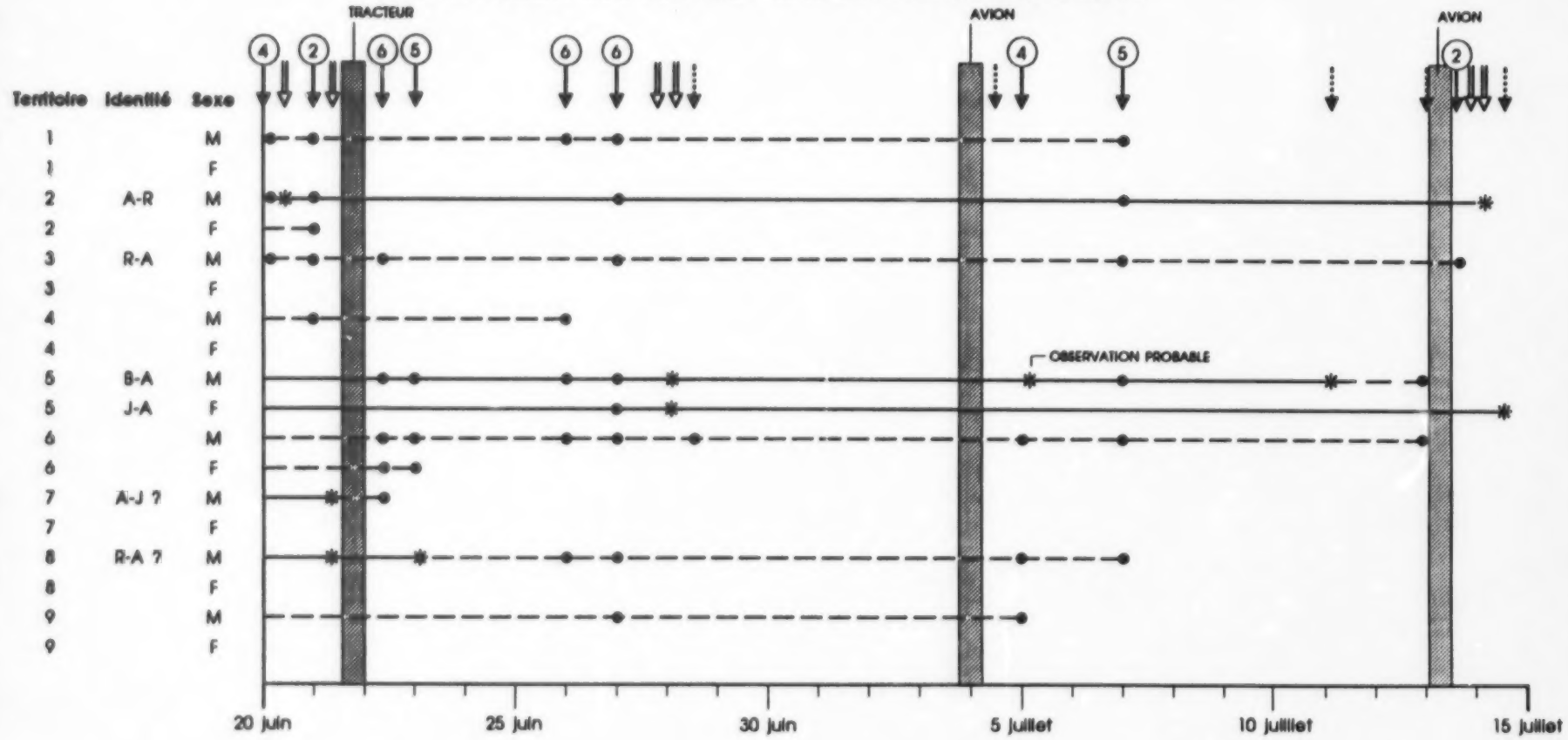
Observations des oiseaux

Présence confirmée

Présence possible

FIGURE 3-6

SUIVI DES INDIVIDUS RECONNAISSABLES ET DES TERRITOIRES DU BRUANT VESPÉRAL EN FONCTION DES PULVÉRISATIONS À L'AZINPHOS-MÉTHYL



LÉGENDE

Interventions des observateurs et pulvérisations

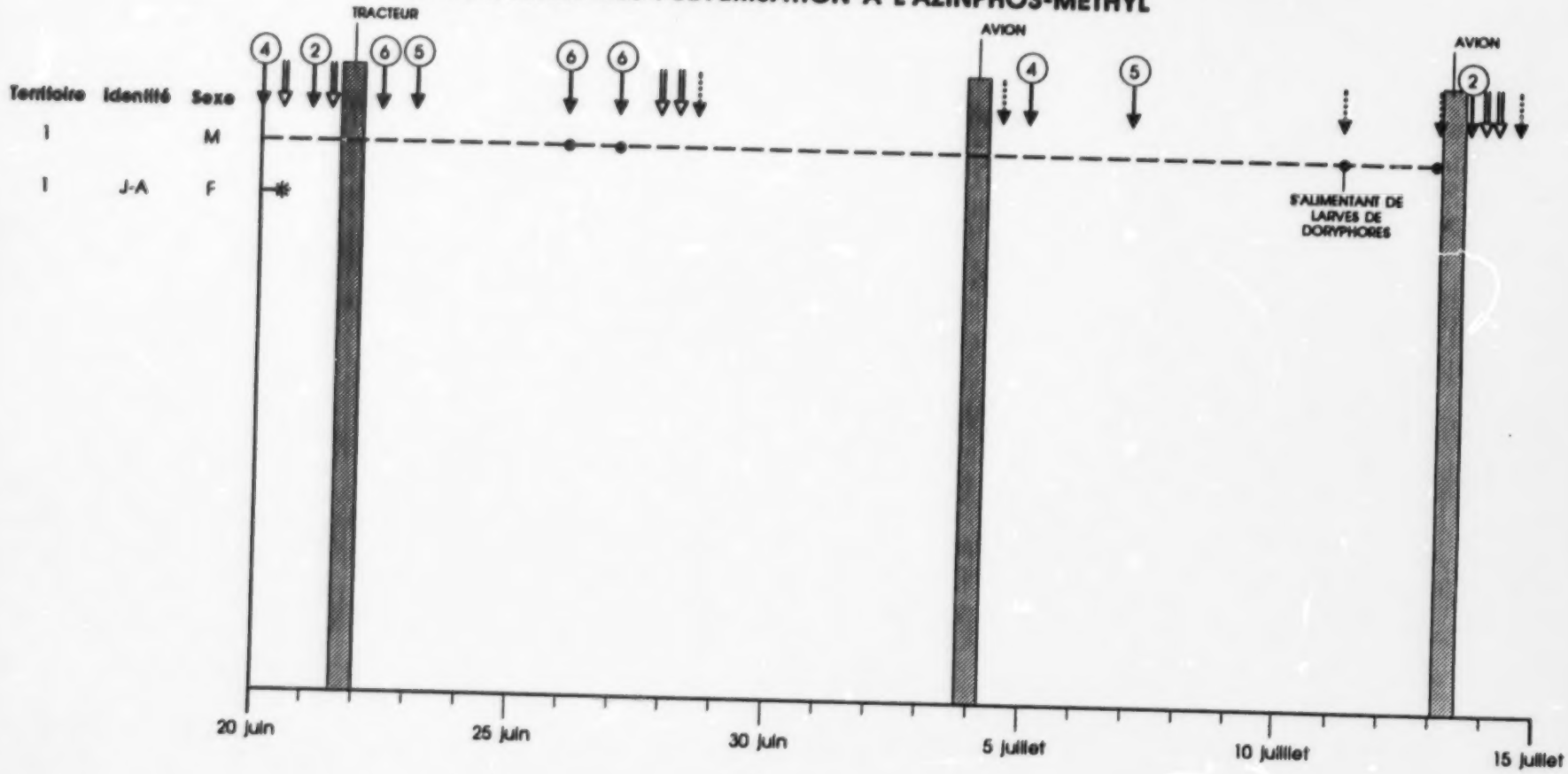
- (2) — Nombre d'heures
- Périodes d'observation
- Observations non systématiques
- Captures d'oiseaux
- Pulvérisation à l'azinphos-méthyl

Observations des oiseaux

- Présence confirmée
- Présence possible

FIGURE 3-7

SUIVI DES INDIVIDUS RECONNAISSABLES ET DES TERRITOIRES DU BRUANT DES PRÉS EN FONCTION DES PULVÉRISATION À L'AZINPHOS-MÉTHYL



LÉGENDE

Interventions des observateurs et pulvérisations

(2) — Nombre d'heures

Périodes d'observation

Observations non systématiques

Captures d'oiseaux

Pulvérisation à l'azinphos-méthyl

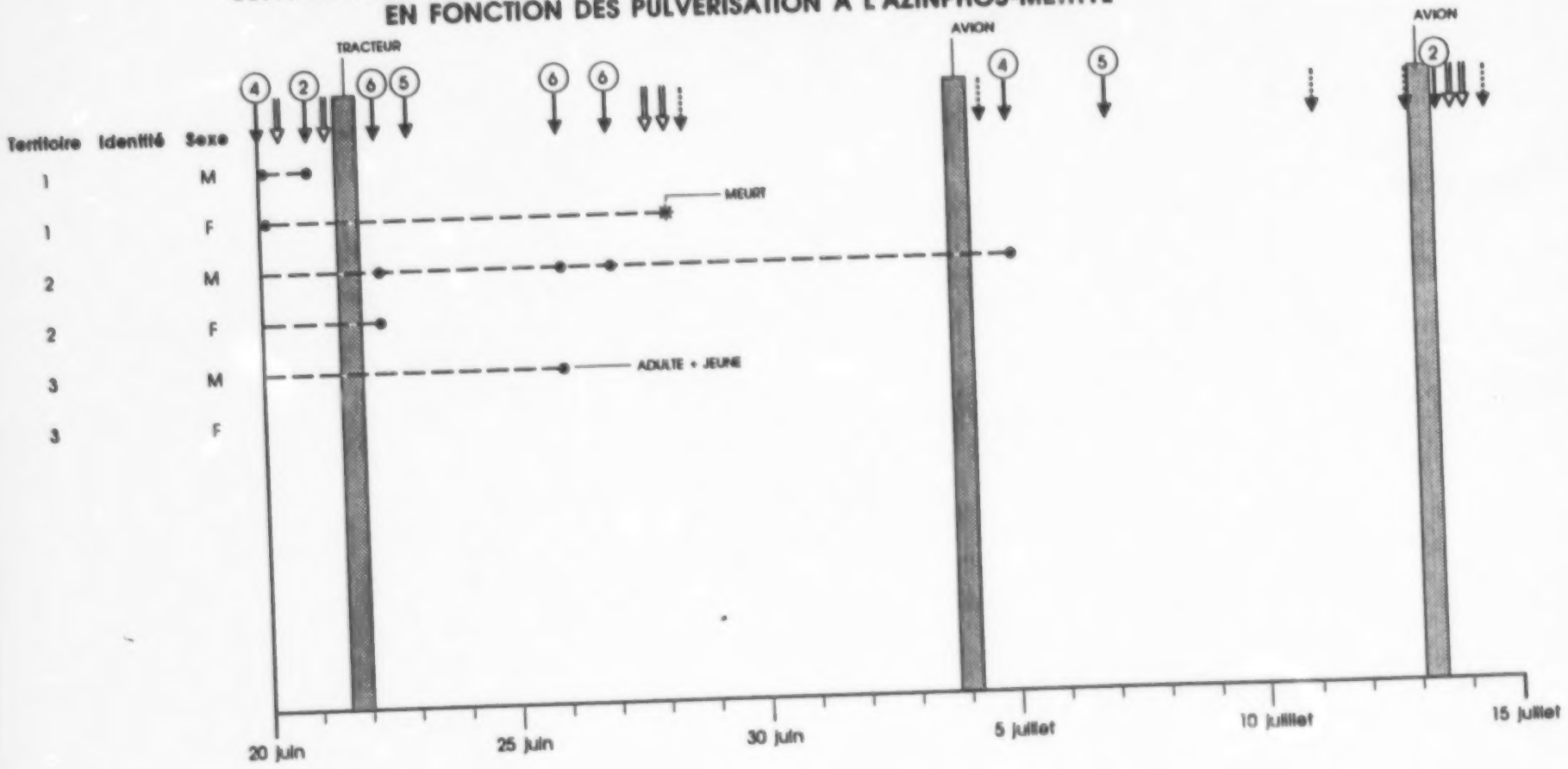
Observations des oiseaux

Présence confirmée

Présence possible

FIGURE 3-8

SUIVI DES INDIVIDUS RECONNAISSABLES ET DES TERRITOIRES DU BRUANT FAMILIER EN FONCTION DES PULVÉRISATION À L'AZINPHOS-MÉTHYL



LÉGENDE

Interventions des observateurs et pulvérisations

(2) — Nombre d'heures

Périodes d'observation

Observations non systématiques

Captures d'oiseaux

Pulvérisation à l'azinphos-méthyl

Observations des oiseaux

Présence confirmée

Présence possible

A N N E X E 4

TABLEAUX DE DONNÉES BRUTES

Tableau 4-1

ACTIVITÉ DE LA CHOLINESTÉRASE DES ÉCHANTILLONS DE CERVEAUX

TERRITOIRE D'APPARTENANCE	DATE DE CAPTURE	SEXE ET ÂGE	EXPOSITION À L'AZINPHOS-MÉTHYL	ACTIVITÉ DE ChE (U/l, MOYENNE ± ÉCART TYPE)[a]		
				Valeur initiale	Réactivation spontanée	Réactivation 2-PAM
Bruant chanteur						
ND[b]	12 juillet, 1989	Adulte	Témoin	19,00 ± 0,36	17, 94 ± 0,24	17,31 ± 0,12
ND[b]	12 juillet, 1989	Adulte	Témoin	22,82 ± 0,52		
ND[c]	Juin, 1988	Adulte	Témoin	21,71 ± 0,15		
ND[d]	Juin, 1988	Adulte	Témoin	25,29 ± 1,08		
ND[d]	Juin, 1988	Adulte	Témoin	33,16 ± 0,36		
ND[d]	Juin, 1988	Adulte	Témoin	36,34 ± 0,06		
ND[d]	Juin, 1988	Adulte	Témoin	27,08 ± 0,45		
		Adultes (moyenne)	**Témoins**	**26,5 ± 6,27**		
1?	13 juillet, 1989	Adulte	12 h avant	21,86 ± 0,23	13,46 ± 0,01	11,70 ± 0,03
8?	14 juillet, 1989	Adulte	28 h avant	14,25 ± 0,62		
		Adultes (moyenne)	**Exposés**	**18,1 ± 5,44**		
8?	14 juillet, 1989	Juvénile	28 h avant	13,19 ± 0,71	12,56 ± 0,68	11,52 ± 0,23
Bruant familier						
1?	28 juin, 1989	F. Adulte	7 jours avant	30,35 ± 0,65	27,95 ± 0,37	28,17 ± 0,49

[a] Moyenne de deux mesures

[b] Capturé au site témoin à Pont-Rouge

[c] Capturé à Frelighsburg (Graham *et al.*, 1989)

[d] Capturé sur l'île d'Orléans (Graham *et al.*, 1989)

Tableau 4-2

ACTIVITÉ DE LA CHOLINESTÉRASE DES ÉCHANTILLONS DE SANG

TERRITOIRE D'APPARTENANCE	DATE DE CAPTURE	SEXE ET ÂGE	EXPOSITION À L'AZINPHOS-MÉTHYL	ACTIVITÉ DE ChE (U/l, MOYENNE ± ÉCART TYPE)*		
				Valeur initiale	Réactivation spontanée	Réactivation 2-PAM
Bruant chanteur						
ND	14 juillet	Adulte	Témoin	3554 ± 532		
ND	13 juillet	Juvénile	Témoin	3827		
ND	14 juillet	Juvénile	Témoin	1772 ± 82		
1?	13 juillet	Adulte	12 h avant	5142 ± 98		
9?	13 juillet	Juvénile	12 h avant	4355 ± 207		
4?	13 juillet	Juvénile	14 h avant	2313		
7?	14 juillet	Juvénile	28 h avant	1933 ± 90		
Bruant familier						
1?	28 juin	Femelle, Adulte	7 jours avant	4851 ± 249		
Bruant vespéral						
5	28 juin	Mâle, Adulte	7 jours avant	3172 ± 43		
5	28 juin	Femelle, Adulte	7 jours avant	2282 ± 48		
8?	13 juillet	Adulte	12 h avant	2402 ± 69	2511	2353
2	14 juillet	Mâle, Adulte	24 h avant	7052 ± 46		
Jaseur des cèdres						
ND	12 juillet	Adulte	Témoin	1149 ± 1	1077	1805
ND	27 juin	Adulte	7 jours avant	1965 ± 93	2081	
ND	27 juin	Adulte	7 jours avant	1240 ± 39		1027
Merle d'Amérique						
ND	12 juillet	Adulte	Témoin	2822		
ND	14 juillet	Juvénile	24 h avant	1605 ± 62		

* Moyenne de deux mesures

Tableau 4-3

NOMBRE D'OISEAUX CAPTURÉS DANS LES FILETS

SITE D'ÉTUDE[a]	DATE	NOMBRE DE FILET-HEURES	BRUANT CHANTEUR	BRUANT VESPÉRAL	BRUANT DES PRÉS	MERLE D'AMÉRIQUE	JASEUR DES CÈDRES	BRUANT À GORGE BLANCHE	AUTRES	TOTAL
PR	20/6 (am)	55,0	3		1					4
PR	21/6 (am)	71,5	5	3					3	11
PR	27/6 (pm)	10,8	2	1		1	5			9
PR	28/6 (am)	96,0	1	2			1		1	5
PS	12/7 (am)	42,5	3		8	1	1		5	18
PRT	13/7 (am/pm)	31,2	1		1				7	9
PR	13/7 (pm)	49,4	5	1				1		7
PRT	14/7 (am)	31,2	2						4	6
PR	14/7 (am)	73,4	3	1		3		4	5	16
Total		**461**	**25**	**8**	**10**	**5**	**7**	**5**	**25**	**85**

[a] PR Champ pulvérisé à Pont-Rouge
PRT Champ témoin à Pont-Rouge
PS Champ témoin à Portneuf-Station